ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 JANVIER 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne lecture de l'avis paru au *Journal Officiel de la République française*, annonçant la signature le 8 janvier 1951, du décret qui porte approbation de l'élection faite par l'Académie, de M. **Gaston Dupouy**, pour occuper, parmi les Membres non résidants, la place vacante par le décès de M. *Émile Cotton*.

Sur son invitation, M. **Gaston Dupouy** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Alfred Gillet**, Professeur à l'Université de Liége, et **Georges Kurepa**, Professeur à l'Université de Zagreb, qui assistent à la séance.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères.

Dans la nuit du 7-8 janvier s'est éteint, à Nancy, **Lucien Cuénot**, membre non résidant de notre Compagnie. Le 9 au matin, il gagnait sa dernière demeure, accompagné seulement, selon son vœu, de ceux qui étaient le plus intimement près de lui par le cœur et la pensée. Notre Académie, informée ce même jour, ne put être représentée à ses obsèques; aussi votre Président a-t-il aujourd'hui le douloureux devoir de rendre, de votre part, le premier hommage à la mémoire d'un savant, dont le nom demeurera parmi ceux des Maîtres les plus réputés de la Zoologie et de la Biologie générale.

Et, pour la première fois, je sens vivement combien, en cette place, il est difficile de saluer comme il convient la mémoire d'un Maître de la Pensée scientifique, lorsque celui-ci a consacré sa vie à une discipline autre que celle

en la familiarité de laquelle l'on a soi-même vécu. Mais je suis tranquille pour la mémoire de Lucien Cuénot dont l'œuvre survivra par sa vertu propre et trouvera, parmi nous, des historiographes plus qualifiés.

Lorsque l'on prend contact avec la carrière scientifique de Cuénot, on recueille, dès les premières lignes de son exposé de titres, l'impression qu'il y avait en lui un *Curieux de la Nature*, qui s'intéressait à mille manifestations de la vie, variait à l'infini ses sujets d'études, et, satisfait d'avoir élucidé tel problème, se hâtait vers un autre objectif. Il est vrai que, parmi ces *Curieux* aux rangs desquels il se place lui-même, il cite Alfred Giard. Et l'on est dès cet instant rassuré sur la façon dont il dut obéir à sa curiosité et faire surgir de ses observations de nouvelles doctrines. Ce *Curieux de la Nature* fut un biolologiste de premier plan et un philosophe de haute lignée.

Lucien-Claude-Jules-Marie Cuénot est né à Paris le 21 octobre 1866. A 19 ans, il est licencié; à 21, docteur ès sciences naturelles; à 22, préparateur à la Faculté des Sciences de Paris; à 24, chargé de cours à Nancy; à 32, professeur de Zoologie en la grande Université lorraine. Nancéen durant 60 ans, il a donné un magnifique exemple de fidélité à l'Université qui avait accueilli ses premiers enseignements. Il a grandement contribué à son illustration et celle-ci lui a témoigné sa reconnaissance par l'estime, le respect, la vénération dont elle l'entourait.

L'œuvre de Cuénot est considérable. Il est peu de grands groupes zoologiques sur lesquels il n'ait apporté quelque fait nouveau.

Parmi les Protozoaires, il étudie les *Grégarines*, leur reproduction et évolution.

Chez les *Échinodermes*, il décrit, en des types des diverses Classes, les appareils de défense, l'appareil digestif, le système nerveux, l'appareil lacunaire et les sinus périlacunaires, les organes génitaux. De sa thèse à la remarquable étude publiée dans le Traité de Zoologie que dirige notre Confrère M. P.-P. Grassé, il réserve à cet Embranchement une sympathie particulière.

Il écrit sur un Ordre de Géphyriens, les *Sipunculiens*, une monographie riche en nouveautés : présence dans le liquide cœlomique d'hématies à hémérythrine, existence d'urnes vibratiles agglutinant les particules solides du plasma et en préparant l'évacuation.

Il montre, par une ingénieuse expérience, que les nématocystes des *Eolidiens*, Sous-ordre de Mollusques Opisthobranches, ne sont que des éléments empruntés à leur proie, les Actinies.

Il voit vibrer les cils vibratiles des entonnoirs néphridiens des *Onychophores* ou *Péripates* et établit l'homologie de leurs néphridies avec celles des Annélides, Mollusques et Sipunculiens.

Il reconnaît des espèces nouvelles de *Tardigrades*, leurs habitats et leur dissémination.

Sur les *Insectes* et les *Arachnides*, les *Crustacés* et les *Tuniciers*, les *Poissons* et

les *Mammifères* il rapporte maints faits d'ordre anatomique ou physiologique que je renonce à énoncer. Il se trouve d'ailleurs que le détail importe peu ici ; ce qui compte surtout, ce sont, comme nous allons le voir, les notions générales qu'il a répandues.

Sur *l'évolution et la genèse des espèces*, il a semé des idées assez puissantes et originales pour que son nom s'apparente à ceux de Lamarck et Darwin. La doctrine de l'évolution des êtres, depuis les premiers balbutiements de la vie jusqu'aux espèces actuelles, paraît, certes, incontestable. Mais les voies de cette évolution, les causes qui l'ont provoquée, prêtent encore à maintes discussions. En de nombreuses publications et deux livres essentiels : *La Genèse des Espèces animales* et *L'Adaptation*, Cuénot a été un novateur.

La variation de l'espèce, dit Cuénot, résulte d'une *modification intime* et *d'apparence spontanée* du patrimoine héréditaire, constitué par les cellules germinales, œuf et spermatazoïde, souches d'un individu nouveau. Cette *mutation germinale* se traduit, chez l'animal développé, par des variations fortes ou faibles, visibles ou cachées, mais pouvant avoir une importance physiologique. La mutation apparue se transmet par le mécanisme de l'hérédité mendélienne et n'est pas diminuée par le croisement avec le type normal non muté.

La mutation germinale n'est pas seulement une nouveauté par elle-même; elle est créatrice d'autres nouveautés *par combinaison*, c'est-à-dire par remplacement d'un terme dans tous les patrimoines héréditaires existant dans l'espèce. Comme l'on peut calculer qu'il existe en puissance plus de 12000 types de Souris de formules héréditaires différentes et qu'il suffirait de définir une nouvelle mutation pour que ce nombre soit doublé, on voit que le matériel fourni à l'évolution est immense !

Ce que nous aimerions bien savoir, c'est en quoi peut consister une mutation germinale. Là-dessus Cuénot reste fort discret, mais, à de petits traits, je reconnais qu'il a pensé que la modification intime du patrimoine pourrait bien être d'ordre chimique. Ne doutons pas qu'elle le soit. Le problème de la genèse des espèces est, pour une large part, un problème biochimique et l'on peut dès aujourd'hui suggérer les voies possibles des mutations. Et ceci est tout à fait conforme à la pensée de Pasteur qui, à propos de la dissymétrie, disait que « la constitution des corps... doit avoir une part importante dans la nature des lois les plus intimes de l'organisation des êtres vivants. »

Mais revenons aux idées de Cuénot. *Comment se crée la sélection* entre tous les types possibles ? Cuénot montre comment la sélection est avant tout conservatrice du type moyen et, quand il y a substitution d'un mutant au type, c'est surtout par le mécanisme de la *fécondité différentielle*.

La sélection agit autrement lorsqu'il s'agit d'espèces, vivant dans un milieu qui se modifie graduellement, ou envahissant un milieu jusqu'ici inhabité. Ne persistent alors que les espèces capables de s'accommoder aux conditions

nouvelles; *la sélection résulte d'une préadaptation.* Tandis que, dans le Lamarckisme et le Darwinisme, on admet l'inscription dans le patrimoine héréditaire des effets produits chez l'individu par les conditions de vie, Cuénot ne la considère pas comme possible. Le milieu n'a pas, d'après lui, un pouvoir modelant, dont les effets seraient héréditaires. Ce qui importe c'est *une suffisante préadaptation.*

Par l'étude des *coaptations,* c'est-à-dire de ces dispositifs formés par ajustement réciproque de deux parties indépendantes, Cuénot montre qu'aucune théorie n'en peut expliquer la genèse; par l'étude des *organes inutiles ou dysharmoniques,* que l'évolution n'est pas réglée par l'utilité ou l'usage. D'où vient alors que l'évolution ait une direction? qu'il y ait une *orthogenèse*? et comment se développent les adaptations compliquées?

A Cuénot nous devons, en même temps qu'à Bateson, l'énoncé des *règles fondamentales de l'hérédité chez les animaux,* règles que Mendel avait autrefois reconnues chez les végétaux. La Souris fut le matériel d'études utilisé par notre Confrère. Le patrimoine héréditaire, l'œuf fécondé, renferme, dit Cuénot, quelque chose comme des particules figurées, disons des facteurs, que l'on peut symboliser par des lettres. Ces facteurs conditionnent l'apparition chez l'individu de caractères visibles, couleur du pelage ou des yeux, forme ou dimension d'organes, etc. Toute mutation est due à une modification du facteur correspondant.

Le patrimoine héréditaire renferme deux lots complets et symétriques de facteurs, venant l'un du père, l'autre de la mère. Quand les deux lots sont identiques, l'individu représente l'espèce fixe. Quand, dans les deux lots, une paire symétrique de facteurs n'est pas homogène, l'un des facteurs peut prendre le dessus sur l'autre (*c'est la règle de la dominante*). Lorsqu'un parent a un patrimoine hétérogène, ses cellules sexuelles renferment chacune un lot complet de facteurs, un seul, les facteurs se partageant de façon à former toutes combinaisons possibles (*règle de la disjonction des facteurs et de la pureté des gamètes*) et chaque facteur étant indépendant des voisins (*règle de l'indépendance des facteurs*). En poursuivant ses laborieuses expériences, Cuénot montre qu'on peut réaliser toutes les combinaisons possibles, réunir chez un même individu les caractères conditionnés par des facteurs différents existant chez des individus différents. Il arrive d'ailleurs que le changement d'un facteur produise une mutation incompatible avec la vie de l'individu; on parle alors de *facteur léthal.*

Sélection des espèces et *facteurs de l'hérédité* sont les deux domaines en lesquels Cuénot a exercé l'action la plus puissante et la plus originale, mais en combien d'autres a-t-il servi la Zoologie générale ! J'en cite quelques-uns.

Ses études de *faunistique* dans le bassin d'Arcachon et en Lorraine s'évadent des méthodes ordinaires; il cherche dans la Géologie, la Géographie, l'Hydrologie, les causes de la présence des animaux, sur lesquels il fournit :

précisions spécifiques, détails éthologiques, caractères anatomiques, observations sur les migrations, les commensaux, les parasites. A propos de la faune lorraine, il signale les *reliques* de la période glaciaire et celles de la période chaude qui suivit le refroidissement quaternaire. Dans les mares salées et les mines de fer lorraines, il montre le peuplement régi par une sélection naturelle liée à la préadaptation.

Cuénot fait l'étude du *cancer expérimental de la Souris* et montre la place que, dans son développement, il convient de faire aux facteurs héréditaires.

Sur les phénomènes de *variation*, *régénération*, *coaptation;* sur les *processus de défense*, tels que : autotomie caudale chez les Rongeurs, saignée réflexe chez les Insectes, homochromie chez les Mollusques, Insectes, Crustacés et Poissons; sur la *détermination du sexe*, déjà atteinte dans l'œuf, etc., il fait un ensemble impressionnant d'observations.

Ses contributions à la Physiologie générale et comparée sont également nombreuses. Il étudie l'*absorption intestinale* chez les Invertébrés par la méthode des aliments additionnés de couleurs d'aniline ou de saccharate ferrique.

Dans le sang ou le liquide intérieur des Invertébrés il montre les *amibocytes*, dérivés de cellules libres ou agrégées en organes globuligènes, captant, dans leur phase de jeunesse, les particules qui flottent dans le plasma, digérant les protéines, se comportant comme de véritables phagocytes. En dehors de ces phagocytes libres, existent d'ailleurs des *organes phagocytaires* placés sur quelque grand trajet sanguin, de situation et de forme variables.

Chez certains Invertébrés (Mollusques, Siponcles, Synaptes) existent des *organes agglutinants* qui agglomèrent les particules solides flottant dans les liquides internes, les immobilisent, les abandonnent plus tard aux phagocytes.

Cuénot étudie les *voies* et *processus d'excrétion* par la méthode des injections physiologiques et reconnaît quatre types d'organes rénaux. Parmi ceux-ci, les *reins de transformation* (L. C.) ou *athrocytes* (Burian), sont des cellules isolées ou conglomérées en organes, qui prélèvent sur le milieu des substances *dissoutes*, les transforment, les rejettent sous forme moins toxique. Les athro-phagocytes, tels ceux qui revêtent la surface externe de l'intestin du Phascolosome, cumulent les propriétés des athrocytes absorbant des substances dissoutes et des phagocytes capturant des substances solides.

Cet imposant ensemble de travaux, dont je n'ai donné qu'une idée insuffisante et incomplète, ses livres, dont je n'ai cité que deux [1] et auxquels

---

(1) *La Genèse des Espèces animales* (3 éditions et une quatrième à paraître), Alcan, Paris; *L'adaptation*, Doin, Paris.

plusieurs s'ajoutent ([2]), avaient valu à Lucien Cuénot quatre prix de l'Académie, dont le prix Albert Ier de Monaco en 1930; Correspondant en 1918, il avait été élu Membre non résidant en 1931.

Maintes Académies et Sociétés Savantes françaises et étrangères et plusieurs Universités l'avaient distingué. Membre associé de l'Académie Royale des Sciences de Belgique, Membre de l'Académie Pontificale, Membre de notre Société de Biologie et de l'Académie Stanislas de Nancy, il appartenait à beaucoup d'autres en divers pays (Belgique, Grande-Bretagne, Danemark, Espagne, Portugal, États-Unis, Chine, etc.).

Il avait donné des enseignements suivis ou des conférences à Bruxelles, Louvain, New-York. Il était docteur *honoris causa* de l'Université de Louvain.

Le savant que je devais évoquer devant vous ne doit pas nous voiler l'homme qui portait en lui les plus hautes qualités morales, demeurait simple, modeste, fidèle à ses origines, réservait à chacun toute la bienveillance de son accueil, s'assurait la gratitude affectueuse de ses élèves et de tous ceux qui l'approchaient.

Il ne doit pas nous voiler le lettré qui connaissait intimement toute l'œuvre d'Anatole France, se plaisait à projeter de la lumière dans les poésies maintes fois ténébreuses de Stéphane Mallarmé, enveloppait ses hautes pensées d'une forme littéraire impeccable.

Il ne doit pas non plus nous voiler le philosophe, tourmenté par cette inquiétude humaine, qui tente de comprendre le sens de notre existence et le sens de l'Univers. Le Savant, en Cuénot, ne se limitait pas aux constatations de l'observation et de l'expérience. Il demandait à la Science de l'aider à concevoir, non seulement le comment des choses, mais encore le pourquoi, à entrevoir, au delà du physique, du mesurable et du tangible, des domaines inexplorés et, comme la Science cessait de l'accompagner dans cette envolée, cet expérimentateur précis s'aventurait sur le terrain de la Métaphysique avec tout l'effort de son intelligence et de son sentiment. Il avait acquis « l'assurance — je cite ses paroles devant l'Académie Stanislas ([3]) — que notre inquiétude métaphysique n'est pas une illusion vaine et qu'il y a un autre réel derrière celui que nous touchons et déduisons ». Assuré alors « de la réalité de l'immatériel », « il comprend mieux, dit-il, son inapaisable désir de savoir et d'expliquer, sa nostalgie ardente d'un Éden, dont la Douleur, la Mort et le Temps seraient bannis, et il attend avec sérénité le jour où, son corps éphémère

---

([2]) *L'espèce*, Doin, Paris; *Invention et finalité en Biologie*, Flammarion, Paris. L. Cuénot a rédigé aussi le tome III (Biogéographie) du *Traité de Géographie physique* de E. de Martonne et collaboré (Échinodermes) au *Traité de Zoologie* de P. P. Grassé. Il a écrit avec Jean Rostand une *Introduction à la Génétique*.

([3]) *L'inquiétude métaphysique. Mémoires de l'Académie Stanislas*, 178e An., 6e série, 25, 1928, p. 71, et *Études*, 197, 1928, p. 124.

étant rentré dans le sein de la Nature, il contemplera face à face la Vérité éternelle ».

Tel est le Savant que notre Compagnie a perdu. Nous nous inclinons devant la grandeur de son œuvre, la noblesse de son caractère, la probité de son esprit, l'élan de son cœur. Il n'est personne qui, quels que soient son domaine de pensée et l'orientation de sa philosophie, lui puisse mesurer son hommage et son respect. Que ses enfants et l'Université nancéenne veuillent bien agréer l'expression de notre profonde sympathie.

M. **André Mayer** dépose sur le Bureau une *Notice* sur la vie et l'œuvre de son prédécesseur, Richard Fosse, qui sera imprimée dans le Recueil des *Notices et Discours*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Métrique des ensembles et des fonctions.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

1. Dans le champ indéfiniment recouvert au sens d'une métrique par une famille parfaitement régulière d'ensembles, toute fonction d'ensemble métriquement continue est l'intégrale lebesguienne de sa dérivée, celle-ci existant sur une plénitude. La réciproque est vraie.

2. Sur un intervalle linéaire, construction d'une famille infinie d'ensembles disjoints ayant tous leur longueur extérieure égale à l'intervalle.

1. Dans ma note du 13 novembre 1950 [1] j'ai défini le caractère de parfaite régularité d'une famille G d'ensembles γ. Dans un espace U où une métrique $\varphi(E)$ des ensembles est donnée, on considère une variété $\Delta = \Delta(G)$ formée des points indéfiniment couverts au sens de la métrique-φ par les ensembles γ (supposés tous mesurables-φ et de mesure positive). Si la famille G est parfaitement régulière, et si $\psi(E)$ est une fonction d'ensemble définie dans le champ Δ (tout au moins sur les ensembles mesurables-φ inclus dans Δ), si $\psi(E)$ est bornée, métriquement continue [c'est-à-dire si $\psi(E)$ tend vers o avec la mesure-φ de E], $\psi(E)$ possède une dérivée $f(M)$ relative à la famille G en tout point de Δ, exception faite au plus d'un ensemble de mesure-φ nulle.

Comme il est démontré que, si un dérivé métrique de $\psi(E)$ est inférieur à A en tout point d'un ensemble mesurable H, il s'ensuit $\psi(H) < A\varphi(H)$, on voit immédiatement que : 1° *toute fonction* $\psi(E)$ *métriquement continue dans le champ* Δ *est égale à l'intégrale lebesguienne, étendue à* E, *de sa dérivée métrique relative à* G; et réciproquement, *si* f *est sommable sur* Δ, *l'intégrale lebesguienne de* f *sur l'ensemble* E *variable dans* Δ *est une fonction d'ensemble métriquement continue, admettant* f *pour dérivée métrique relative à* G *sur une plénitude-*φ de G.

---

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1013. *Voir* également sur les mêmes sujets mes Notes des pages 560-562, 600-602, 737-739.

On voit que le célèbre théorème de Lebesgue relatif aux fonctions linéaires absolument continues, et qui en principe ne pouvait s'étendre qu'à des espaces où les notions de continuité et de dérivabilité supposaient la définition préalable d'une topologie, se conserve, malgré la disparition de celle-ci, quand il ne subsiste plus qu'une métrique.

Plaçons-nous dans l'espace cartésien U_3 à trois dimensions, avec la métrique euclidienne des aires selon Carathéodory. Nous enfermons l'axe des x dans l'aire finie située dans le plan des $xy : |y| < \alpha/(1+x^2)$. Nous pouvons à l'abscisse x faire tourner continûment et parallèlement au plan des yz le segment constituant de cette aire. Nous avons une bande ω ayant pour axe Ox et dont l'aire peut être supposée finie, proportionnelle à α. Les droites parallèles à l'un des axes et dont les deux coordonnées fixes sont rationnelles forment un ensemble d'aire nulle. Dénombrons ces droites. Autour de la $n^{\text{ième}}$, plaçons une bande ω_n d'aire inférieure à ε_n de façon que $\Sigma\varepsilon_n < \varepsilon$. La réunion de ces bandes sera un ensemble γ constituant de G. Une famille indénombrable d'ensembles γ topologiquement équivalents au précédent, ou de toute autre sorte aussi complexe, formera une famille G. Il suffira que celle-ci soit parfaitement régulière, et pour cela, que l'ensemble D(G) simplement couvert par G ait une aire (extérieure) finie, que l'ensemble Δ(G) indéfiniment couvert par G ait une aire (nécessairement déterminée) positive, et que chaque γ ait avec les γ' qui lui sont joints les relations maintes fois répétées dans les Notes citées, pour que la classe des fonctions d'ensemble métriquement continues dans le champ Δ et celle des intégrales lebesguiennes de fonctions sommables sur Δ soient identiques, l'argument de l'intégrale étant la dérivée de la fonction d'ensemble, dérivée prise aux sens des aires et par rapport aux ensembles γ composant G.

H étant un ensemble quelconque inclus dans Δ et $K = \Delta - H$ son complémentaire, désignons par G(H) la famille des γ de G joints à H, par G′(H) la famille des γ disjoints de K. Posons $\delta(H) = \Delta[G(H)] = H + \sigma(H)$, $\delta'(H) = \Delta[G'(H)] = H - \tau(H)$. Nous avons défini (il suffirait que la famille G fût régulière) les ensembles noyaux et les ensembles enveloppes de Δ par les conditions respectives $\varphi[\sigma(H)] = 0$, $\varphi[\tau(H)] = 0$. Supposons maintenant G parfaitement régulière.

Quel que soit H mesurable-φ, on peut lui attacher une famille X(H) d'ensembles γ de G de façon que $\theta(H) = \Delta[X(H)]$ ne diffère de H que par un ensemble de mesure-φ nulle : $H - H.\theta(H)$ et $\theta(H) - H.\theta(H)$ ont la mesure-φ égale à zéro. La famille X(H).X(K) couvre indéfiniment un ensemble de mesure-φ nulle, X(H) + X(K) étant identique à G. Les ensembles $\gamma.\Delta$ sont des noyaux, en vertu de la seconde condition des familles G régulières. Tout noyau de mesure-φ nulle est aussi une enveloppe. En particulier un point de Δ est noyau et enveloppe. Une enveloppe qui est une plénitude-φ de Δ est aussi un noyau.

Dans le cas particulier où l'espace U est cartésien, la métrique euclidienne, les ensembles γ identiques aux intervalles réguliers (carrés, cubes, etc.), les noyaux sont les ensembles fermés diminués d'un ensemble de mesure nulle, les enveloppes sont les ensembles ouverts accrus d'un ensemble de mesure nulle.

Dans le cas général, noyaux et enveloppes ne donnent pas naissance à une topologie. L'ensemble commun à une infinité dénombrable de noyaux est un noyau, la somme d'une infinité dénombrable d'ensembles enveloppes est une enveloppe. Mais si les collections sont indénombrables, ces conclusions sont fausses, tandis qu'elles restent vraies en topologie générale.

Dans le cas particulier signalé ci-dessus, $H_1 = \delta(H) = H + \sigma(H)$ est l'ensemble de fermeture $\overline{H}$ de H. Or, en général H_1 n'est pas un noyau. Car si $\delta^2(H) = \delta(H_1) = H_1 + \sigma(H_1)$, l'ensemble $\sigma^2(H) = \sigma(H_1)$ n'a pas nécessairement la mesure-φ nulle. Si H n'est pas un noyau, H_1 n'est pas toujours un noyau accru d'un ensemble de mesure-φ nulle. Rien ne correspond à l'identité, fondamentale en topologie : $\overline{\overline{H}} = \overline{H}$.

2. Il est souvent utile d'invoquer l'exemple d'une famille infinie d'ensembles linéaires disjoints situés sur le semi-segment $s(0 \leqq x < 1)$ et *dont chacun a la mesure extérieure* 1. Soit η l'ensemble des nombres rationnels de s énumérés simplement en $\theta_1, \theta_2, \ldots$; x un point quelconque de s, $e(x)$ l'ensemble des x' tels que $x' - x$ (pour $x \leqq x' < 1$), $x' - x + 1$ (pour $0 \leqq x' < x$) soit dans $\eta\,[e(x') = e(x)]$, E_0 un ensemble contenant un point et un seul de chacun des ensembles distincts $e(x)$, E_n la translation $x + \theta_n (< 1)$ ou $x + \theta_n - 1 (\geqq 0)$ des points x de E. Les E_n sont disjoints; $m_i(E)$, $m_e(E)$, $m(E)$ étant les longueurs intérieure, extérieure, exacte, d'un ensemble E situé sur s, $m_i(E_n) = 0$, $m_e(E_n) = \mu > 0$.

Évidemment, μ n'est pas nécessairement égal à 1 ; E_0 peut être placé en totalité sur un intervalle quelconque inclus dans s; E_0 n'est pas un ensemble gerbé (de première catégorie). Peut-il exister dans $s - E_0$ un ensemble J partout épais dans s? Ou au contraire tout ensemble de cette espèce contient-il nécessairement une infinité indénombrable d'ensembles $e(x)$?

Si $\mu < 1$, soit G un ensemble mesurable contenant E_0, avec $m(G) = \mu$. Quel que soit l'ensemble mesurable I inclus dans G, $m_e(I.E_0) = m(I)$. Soit $P = P(0)$ un ensemble parfait totalement discontinu épais en lui-même, inclus dans G, de longueur $l(0 < l < \mu)$, u_m la suite de ses contigus énumérés par longueurs non croissantes et $r(m) = mu_m + \sum_{p>m} u_p$. Si $P(h)$ est l'ensemble P déplacé par translation égale à h (ou à $h - 1$ partiellement, pour rester sur s) et si $h < u_m$, $P(0).P(h)$ a une longueur supérieure à $l - r(m)$. Si $\Sigma r(m_p) < l$, les $P(h)$ correspondants auront en commun un ensemble fermé de longueur positive. Pour une suite n_p telle que $\theta_{n_p} < u_{m_p}$, soit $F_p = E_{n_p}$, $P_p = P(\theta_{m_p})$ et Q le noyau épais en lui-même de ΠP_p, Q étant toutefois débarrassé des extrémités droites de ses contigus; $m_e(F_p.Q) = m(Q)$ quel que soit p. Si $M(x)$ est la longueur de Q sur l'intervalle $(0, x)$, la transformation $y = m(x)/m(Q)$ change Q en s. Les F_p deviennent des ensembles H_p disjoints, situés sur s et vérifiant les conditions $m_e(H_p) = 1$, pour toute valeur de p.

PLIS CACHETÉS.

M. **Xavier Séjourné** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 3 juillet 1950 et enregistré sous le n° 12710.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient deux Mémoires intitulés : I. *Applications de la théorie magnétique à l'étude de divers phénomènes cosmiques*. II. *Brèves indications sur les structures lunaire, mercurienne et martienne*.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

CORRESPONDANCE.

M. **Charles Courtot**, Correspondant de l'Académie, adresse des condoléances à l'occasion du décès de M. *Lucien Cuénot*.

M. **René Audubert** adresse des remercîments pour la distinction qui lui a été accordée.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Congrès international d'étude sur le rôle du poisson dans l'alimentation, tenu à Paris les* 26-27-28 *octobre* 1950.

2° *Carta nacional de declinaciones magnéticas*. Hoja especial del Territorio Peninsular. Escala 1 : 1.500.000, par José Cubillo Fluiters. *Texto* et *Laminas*.

3° Käthe Kümmel. *Die Stellung Südfrankreichs und der Krim im west-und ostmediterranen Vegetationsstufenprofil*.

4° Académie des Sciences de Lisbonne. Une collection de ses Publications de 1940 à 1950.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Deux contributions de Monge à la création de la Géométrie moderne*. Note de M. **René Taton**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'introduction des coordonnées axiales de la droite et celles des notions d'aires et de volumes orientés, attribuées respectivement à Plücker (1846 et 1865) et Cayley (1860 et 1869) et à Möbius (1827) sont dues en fait à Gaspard Monge, qui créa la première notion entre 1771 et 1795 et introduisit l'orientation des aires et des volumes en 1809.

Les historiens des mathématiques reconnaissent que le développement rapide pris par la Géométrie moderne au cours de la première moitié du

XIX[e] siècle est dû en grande partie à l'influence des Ouvrages et de l'enseignement de Monge. Ils se réfèrent pour cela à divers passages de la *Géométrie descriptive* et de l'*Application de l'Analyse à la Géométrie*, où les méthodes et l'orientation nouvelles caractérisant la Géométrie moderne se trouvent plus ou moins explicitement développées ou expliquées, et à de nombreux travaux d'élèves qui semblent tirer leur origine de l'enseignement oral du grand géomètre.

Une étude attentive des divers Mémoires et des éditions successives des Ouvrages de Monge, ainsi que de ses manuscrits et de notes prises par ses élèves nous a permis d'y déceler un certain nombre d'apports originaux jusqu'ici méconnus. Le bilan de l'ensemble de ces recherches sera prochainement publié (1), mais nous voudrions signaler ici deux importantes créations de Monge, ignorées, semble-t-il, de l'ensemble des historiens des mathématiques : l'introduction des coordonnées axiales de la droite et celle des notions d'aire et de volumes orientés.

D'après la version couramment admise, la notation, aujourd'hui classique, des six coordonnées homogènes de la droite, liées entre elles par la relation bilinéaire $l\lambda + m\mu + n\nu = 0$, apparaît dans une Note rédigée en décembre 1865 par J. Plücker (2); mais il est à noter que les premières recherches de Plücker à ce sujet remontent à 1846 (3) et qu'une antériorité partielle doit être accordée à A. Cayley qui, en 1859, avait eu l'idée de cette nouvelle notation, mais n'en avait pas saisi toute l'importance (4).

Mais en réalité, c'est dans divers écrits de Monge que se trouve le fondement très clair de la notation des coordonnées axiales de la droite. Il apparaît tout d'abord dans un fragment de géométrie analytique intercalé dans le célèbre Mémoire sur les développées des courbes de l'espace (5). Monge y définit ces six coordonnées et démontre la relation qui les lie mais, revenant aussitôt à son exposé de géométrie infinitésimale, n'insiste pas sur cette notation nouvelle.

On trouve un emploi plus étendu et plus systématique de ces coordonnées dans un bref exposé de géométrie analytique qui forme le début de la première

---

(1) R. TATON, *L'œuvre scientifique de Monge*, à paraître en 1951, (P. U. F., Paris).

(2) J. PLÜCKER, *On a New Geometry of Space* (*Phil. Trans. of the R. S. of London*, v. **155**, 1865, p. 725-791 : *Additionnal Note*, reçue le 11 décembre 1865).

(3) J. PLÜCKER, *System der Geometrie des Raumes*, Dusseldorf, 1846. Voir aussi la partie principale du Mémoire cité précédemment.

(4) A. CAYLEY, *Quart. Journ. of pure and appl. math.*, **3**, 1860, p. 225 et suiv. Cayley donna en 1869 une remarquable étude d'ensemble des nouvelles coordonnées dans les *Trans. of the Cambridge Phil. Soc.*, v. **11**, 2[e] part.

(5) G. MONGE, *Mém. div. Savants.*, t. X, 1785, p. 511-550 : mémoire présenté le 31 août 1771 (*voir* p. 524-528).

édition de l'*Application de l'Analyse à la Géométrie* (1795) [6]. Les équations des trois projections d'une droite, intersection de deux plans, sont mises sous la forme

$$\left.\begin{aligned} ly - mx + \nu &= 0 \\ mz - ny + \lambda &= 0 \\ nx - lz + \mu &= 0 \end{aligned}\right\} \text{ avec la condition } l\lambda + m\mu + n\nu = 0.$$

Et Monge précise : « C'est sous cette forme générale qu'il est plus avantageux de mettre les équations d'une ligne droite donnée dans l'espace. Des six constantes $l, m, n, \lambda, \mu, \nu$, qui y entrent, il n'y en a que quatre qui soient nécessaires. Une d'entre elles est toujours déterminée par l'équation de condition $l\lambda + m\mu + n\nu = 0$, une autre est arbitraire, et l'on peut en disposer, de manière qu'en égalant à zéro certaines quantités compliquées, les opérations de l'analyse deviennent plus faciles ».

La plupart des problèmes qui suivent sont traités à l'aide de ces coordonnées axiales; signalons en particulier la très élégante recherche de la perpendiculaire commune à deux droites de l'espace. On peut s'étonner qu'une notion si clairement précisée, ait dû être redécouverte 70 ans plus tard, avant d'être réellement diffusée. Ceci s'explique par le fait qu'à partir de la troisième édition de l'*Application de l'Analyse à la Géométrie*, cette méthode se trouve supplantée par un procédé, moins original, mais probablement mieux adapté à une initiation à la géométrie analytique.

Pour préciser la priorité de Monge sur Möbius [7] dans l'introduction des notions d'aire orientée suivant le sens du parcours sur son contour, et de volume orienté, il nous suffira de renvoyer à un Mémoire publié en 1809 dans le *Journal de l'École Polytechnique*, où, en dehors de divers autres apports originaux, ces deux notions se trouvent trop clairement précisées pour être restées ignorées des disciples directs de Monge. Certes, Möbius en systématisa habilement l'emploi, mais on peut penser qu'il n'ignorait pas l'article du grand géomètre français, publié dans l'une des revues scientifiques les plus célèbres de l'époque.

---

(6) Cet exposé se trouve sous sa forme originale dans les deux premières éditions, aujourd'hui assez rares, de ce traité : *Feuilles d'Analyse appliquée à la Géométrie*, 1e éd. in-fol., 1795; 2e éd., in-4°, thermidor an IX (1801). Il existe encore dans la troisième édition de l'ouvrage, publiée sous le titre définitif en 1807, mais les coordonnées axiales de la droite n'y sont plus employées.

(7) Tous les Ouvrages que nous avons consulté attribuent à Möbius l'introduction d'aire orientée (*Der Barycentrische Calcul*, Leipzig, 1827, § 17). *Cf.* TIMERDING, L. LÉVY, *Encycl. des sc. math.*, II, 4, Paris, 1912, p. 20 (note 23).

(8) G. MONGE, *Journ. Ec. Polyt.*, 15e cahier, 1809, p. 68-117, 1 pl.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Ensembles, espèces et logique.* Note de M. **François Moch**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Définition de l'instant logique, des trois valeurs d'une proposition, acceptée, rejetée, en attente. Elle introduit une espèce. L'espèce des espèces est le quotient de l'espèce des propositions par la relation d'équivalence. L'espèce des ensembles est le quotient, par la relation d'équivalence, de l'espèce des propositions soumises à la Logique classique.

Logique de la Composition. — Un ensemble E ne peut être formé que d'éléments au moins théoriquement définissables indépendamment de E; moyennant quoi l'on n'a jamais à répondre à la fois oui, et non, à la question : e appartient-il à E? Mais le domaine d'indétermination de la Théorie des ensembles n'est pas un ensemble; il doit néanmoins pouvoir faire l'objet d'une étude mathématique. On acceptera donc qu'une *espèces* contienne des *êtres* dont certains ne peuvent être définis sans recourir à l'espèce elle-même; mais l'introduction, toujours possible, d'êtres nouveaux dans l'espèce ne devra jamais entraîner le rejet d'une proposition antérieurement acceptée.

Ceci conduit, dans certains cas, à ne pouvoir répondre (au moins provisoirement) ni oui, ni non, à la question : l'être e appartient-il à l'espèce S? Aux deux valeurs *fixes* de la Logique classique (propositions acceptées, A, rejetées, R), il faut alors ajouter une valeur *d'attente* (propositions réservées, T), qui s'introduit d'ailleurs implicitement avec les arguments des ensembles.

Un *instant logique* est défini par la valeur qu'y prend chaque proposition de la théorie; à l'instant où P a une valeur fixe, est déterminée (et fixe) la valeur de toute proposition qu'il faut accepter ou rejeter pour donner cette valeur à P. Si toute proposition qui a une valeur fixe en t a la même valeur en t', t sera *antérieur* à t'; t et t_1 sont *sans lien* si aucun d'eux n'est antérieur à l'autre. S'il y a une des deux valeurs fixes que P ne prend à aucun instant aux instants où elle est réservée, elle l'est *par ignorance.* Dire qu'une proposition a une valeur donnée n'a de sens que si l'on précise : à tel instant, ou si l'on sous-entend : à tout instant où elle n'est pas réservée par ignorance.

P *entraîne* P′ si P′ n'est rejetée a aucun instant où P est acceptée, et si, postérieurement à tout instant où P est acceptée et P′ réservée, il y a un instant où elles sont toutes deux acceptées. Elles sont *équivalentes* R si chacune entraîne l'autre. De ces définitions découlent les matrices des principales opérations logiques; la somme et le produit jouissent des mêmes propriétés qu'en Logique classique.

Théorie des Espèces. — Toute proposition $P(x)$ *introduit* l'espèce S des êtres qu'elle accepte, dès que l'on pose, par définition, l'équivalence R des deux propositions : $P(x)$ est acceptée à l'instant t, et x appartient à S à l'instant t.

Par l'application de la Logique de la Composition, l'espèce des espèces échappe aux antinomies qui frappent l'*ensemble des ensembles*.

La *réunion* et l'*intersection* de deux espèces sont introduites par la somme et le produit logiques des propositions qui les introduisent. Si P′ entraîne P, S *comprend* S′; la double relation de compréhension est la relation d'identité. S'il existe une relation d'équivalence $R(e, e')$ entre les êtres d'une espèce S, le *quotient* de S par R est l'espèce introduite par P( ) : « Sont équivalentes les propositions $R(e, e')$ et, e et e' appartiennent à ». *L'espèce des espèces est le quotient de l'espèce des propositions par la relation d'équivalence* R; il en est de même de l'espèce des espèces étudiées par une théorie, et de l'espèce des propositions énoncées par cette théorie.

Une espèce se réduit à un ensemble si l'on peut poser un instant logique où sont définis tous les êtres (éléments) qui lui appartiennent ou lui appartiendront à un instant quelconque. Si non, l'espèce est dite *vraie* (espèce des espèces, des ensembles, des nombres tranfinis...). Une proposition relève de la Logique classique s'il existe un instant de la théorie où elle a une valeur fixe pour toute détermination des arguments qui y figurent. *L'espèce des ensembles est le quotient, par la relation d'équivalence* R, *de l'espèce des propositions soumises à la Logique classique.*

Deux instant logiques sont équivalents R′ si aucune proposition n'est rejetée à l'un et acceptée à l'autre, et si, P n'ayant pas la même valeur aux deux instants, il existe P′ équivalente à P qui y prend la même valeur *fixe*. Le quotient de l'espèce des instants par cette relation est l'espèce des *ères*; toute *ère* est tout entière antérieure, ou postérieure, à la définition d'une espèce quelconque. *Si l'on se borne à considérer, pour chaque espèce, les ères postérieures à sa définition*, on peut faire usage de la Logique classique. Les antinomies connues ont pour origine l'introduction d'espèces dont la définition est implicitement réservée à tout instant de la théorie et auxquelles on applique néanmoins la Logique classique. La Logique de la composition montre que leur introduction ne présente pas d'intérêt, et qu'on peut les négliger en toute sécurité. Mais il ne faut jamais impliquer l'existence d'un instant où tous les êtres d'une espèce vraie seraient définis; la notion de puissance ne s'étend pas à ces espèces, et le théorème de Zermelo est en défaut pour elles.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les systèmes linéaires de complexes linéaires.*

Note de (*) M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

Cette Note est la suite d'une Note récente [1] dont nous conservons les notations.

(*) Séance du 8 janvier 1951.

[1] A. Charrueau, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 144.

5° (*suite*). *Pour* q *et* q' *distincts*, on peut obtenir le point p'_1 en prenant le conjugué harmonique ξ (lequel appartient à l'hyperplan P) de p par rapport à q et q' et le conjugué harmonique de p_1 par rapport à ξ et p; et l'on peut obtenir q_1 en prenant le conjugué harmonique η de p_1 par rapport à q et q' et le conjugué harmonique de p par rapport à η et p_1.

Quand q et q' *sont confondus*, ξ et η sont également confondus avec eux et l'on retrouve les relations (4).

L'hyperplan ϖ *tangent au point* p *à l'hyperquadrique* Q_1 *et l'hyperplan* P'_1 *passent par l'intersection des hyperplans* P *et* P_1. *Les hyperplans* P_1 *et* P'_1 *sont conjugués harmoniques par rapport aux hyperplans* P *et* ϖ. Les intersections de l'hyperquadrique Q par les hyperplans P_1 et P'_1 appartiennent à une même hypersurface *conique* du second degré ayant pour sommet le point p.

Désignons par A_0, B_0, C_0, D_0, E_0, F_0 les coefficients de l'équation $\varphi_0 = 0$; ...; A_4, B_4, ..., F_4 ceux de $\varphi_4 = 0$. Posons

$$A = A_0 u_0 + \ldots + A_4 u_4, \quad \ldots, \quad F = F_0 u_0 + \ldots + F_4 u_4;$$
$$A_v = A_0 v_0 + \ldots + A_4 v_4, \quad \ldots, \quad F_v = F_0 v_0 + \ldots + F_4 v_4;$$
$$\Psi = AD + BE + CF, \quad \Psi_v = A_v D_v + B_v E_v + C_v F_v;$$
$$\psi = D_v A + A_v D + E_v B + B_v E + F_v C + C_v F.$$

$\Psi = 0$ est l'équation de l'hyperquadrique Q; $\psi = 0$ est celle de l'hyperplan P; les v sont les coordonnées du point fixe p et u sont des variables.

Les *coordonnées* d'un point quelconque de *l'hyperplan* P'_1 sont

$$u_0 \Psi_v - v_0 \psi, \quad \ldots, \quad u_4 \Psi_v - v_4 \psi;$$

et les *coordonnées* d'un point quelconque de *l'hyperquadrique* Q_1 sont, en général,

$$v_0 \Psi - u_0 \psi, \quad \ldots, \quad v_4 \Psi - u_4 \psi.$$

Dans ces dix expressions, les v sont toujours les coordonnées du point p et les u sont des variables liées par (2).

L'hyperplan P'_1 a pour équation

$$(5) \qquad \Psi_v P_1 - P_{1v} \psi = 0$$

P_1 désignant le membre de gauche de (2) et P_{1v} la valeur de P_1 pour le point p. Dans (5) les u ne sont plus liées par (2) et représentent les coordonnées d'un point quelconque de P'_1.

L'hyperquadrique Q_1 a pour équation

$$(6) \qquad P_{1v}^2 \Psi - \Psi_v P_1^2 = 0,$$

où les u ne sont pas liées par (2) et représentent les coordonnées d'un point quelconque de Q_1.

6° Soient P_2 un autre hyperplan de l'espace E_4 et Q_2 l'hyperquadrique qui lui correspond comme Q_1 correspond à P_1, le point p étant le même que

précédemment et P_2 ne comprenant pas p. L'intersection de Q_1 et de Q_2 contient le point p. Elle se divise en deux parties I_1 et I_2 situées respectivement dans deux hyperplans *conjugués harmoniques* par rapport aux hyperplans P_1 et P_2.

Considérons dans E_4 la droite joignant un point *quelconque* de I_1 à un point *quelconque* de I_2. Elle représente un *faisceau* de Σ. Dans le cas général, elle rencontre les hyperplans P_1 et P_2 en deux points, p_1 et p_2, qui sont *conjugués harmoniques* par rapport aux deux points où elle rencontre l'hyperquadrique Q. *Les deux complexes de* Σ *correspondant aux points* p_1 *et* p_2 *sont en involution.*

L'hyperquadrique Q'_1, correspondant au point p et à l'hyperplan P'_1 et qui est le lieu des points figuratifs des complexes q'_1, est *tangente* à l'hyperquadrique Q_1 au point p.

7° Dans le cas de $n=3$, où la variété Q est une quadrique, considérons deux *droites conjuguées par rapport à la quadrique* Q. Elles représentent deux *faisceaux* de Σ tels que *chaque* complexe de l'un est en *involution* avec *tous* les complexes de l'autre. Chacun des axes des deux complexes spéciaux d'un des faisceaux *rencontre* les axes des deux complexes spéciaux de l'autre faisceau.

8° Considérons maintenant *l'ensemble* des complexes linéaires de l'espace à trois dimensions. A chaque complexe faisons correspondre un point de l'espace projectif E_5, à cinq dimensions, dont les six coordonnées sont proportionnelles aux six coefficients de l'équation du complexe en coordonnées plückériennes. L'hyperquadrique de Klein est le lieu des points figuratifs des complexes spéciaux. On obtient notamment des résultats analogues à ceux des paragraphes 5° et 6°. De plus, on peut interpréter *de nouveau* les résultats des paragraphes précédents.

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES. — *A propos d'un critère de stabilité.*

Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les utilisateurs de machines mathématiques électroniques ont souvent recours au critère empirique suivant [1] : une matrice $M=(a_{ij})$ carrée, d'ordre n, à éléments réels, est en général définie positive si son déterminant $\|M\|$ est positif et si

$$\min(a_{ii}) > \max|a_{ij}| \qquad (i\neq j;\ i, j=1, 2, \ldots, n).$$

Devant l'excellence des résultats auxquels il conduit, certains se sont demandé si cette proposition était exacte dans toutes les circonstances; nous nous proposons de montrer qu'il n'en est rien et, en même temps, de justifier l'emploi du critère.

(1) Korn, *P. I. R. E.*, 9, 1949, p. 1000; F. H. Raymond, *Annales des Télécommunications*, 5, 1950, p. 1.

Considérons la matrice carrée, d'ordre n, à éléments réels

$$M = \begin{pmatrix} a_{11}\,a_{12}\ldots a_{1p} & \\ \ldots\ldots\ldots\ldots & [0] \\ a_{p1}\,a_{p2}\ldots a_{pp} & \\ & a_{p+1,p+1}\ldots a_{p+1,n} \\ [0] & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ & a_{n,p+1}\ldots\ldots a_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_1 & [0] \\ [0] & M_2 \end{pmatrix}, \qquad (p<n),$$

et supposons que les conditions de l'énoncé soient satisfaites

$$\| M \| > 0, \qquad \min(a_{ii}) > \max|a_{ij}| \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n).$$

On a

$$\| M \| = \| M_1 \| . \| M_2 \| > 0,$$

et cette inégalité peut être réalisée avec $\| M_1 \| < 0$, $\| M_2 \| < 0$.

Dans ces conditions les matrices M_1 et M_2 ne sont pas définies positives, leurs chaînes de déterminants mineurs principaux ne comportant pas de termes tous positifs. Comme les valeurs caractéristiques de M sont celles de M_1 et M_2, il apparaît que M, bien que satisfaisant aux conditions du critère, n'est pas définie positive.

Ainsi, le critère peut être mis en défaut pour des matrices carrées qui, par des mêmes permutations des lignes et des colonnes, se ramènent à la forme précédente.

Les considérations qui précèdent supposent que l'on puisse trouver des déterminants négatifs avec la condition

$$\min(a_{ii}) > \max|a_{ij}| \qquad (i \neq j;\ i, j = 1, 2, \ldots, n).$$

Ceci est possible, comme on le voit facilement.

Remarquons cependant que le théorème est vrai pour $n \leq 3$; la démonstration est immédiate; d'autre part, les matrices M_1 et M_2 que nous avons considérées sont définies positives.

Donnons maintenant les raisons pour lesquelles le critère conduit dans bien des cas à un fonctionnement stable.

Considérons une matrice réelle d'ordre n, définie positive, du type H :

$$\left.\begin{array}{l} a_{ii} > \sum\limits_{j\neq i} |a_{ij}| \\ a_{ii} > \sum\limits_{i\neq j} |a_{ji}| \end{array}\right. \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n).$$

Une matrice satisfaisant aux conditions du critère peut être du type H, elle est alors nécessairement définie positive; autrement, elle n'est pas de ce type, ses éléments diagonaux principaux ayant des valeurs inférieures à celles que devraient avoir les éléments diagonaux des matrices H définies positives

correspondantes; mais il est facile de voir qu'étant donnée une matrice H définie positive du type précédent, les matrices obtenues en diminuant les éléments diagonaux de cette dernière de mêmes quantités positives inférieures à la plus petite valeur caractéristique de sa partie symétrique, sont définies positives.

De nombreuses matrices définies par le critère rentrant dans ce type de matrices H variées, la règle empirique trouve ainsi une justification.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Les problèmes de diagnostic séquentiel.* Note (*) de MM. **Jean Ville** et **Marcel Paul Schützenberger**, présentée par M. Émile Borel.

Faute d'un meilleur terme, nous appellerons *problèmes de diagnostic séquentiel*, les problèmes du type suivant qui ne semblent pas avoir encore été envisagés systématiquement :

Soit une situation expérimentale. A chaque instant les hypothèses incompatibles encore admissibles, $H_1, H_2, \ldots, H_n$, constituent un ensemble $\mathfrak{H}$ contenant l'unique hypothèse H^* qui est vraie. Pour déterminer celle-ci, on décompose $\mathfrak{H}$ en ν sous ensemble disjoints $\mathfrak{H}_1, \mathfrak{H}_2, \ldots, \mathfrak{H}_\nu$ et l'on effectue une observation grâce à laquelle est connu celui d'entre eux $\mathfrak{H}^*$ qui contient H^*. Nous admettrons qu'il existe toujours au moins une succession d'observations menant à la détermination rigoureuse de H^*. Supposant maintenant que le coût de chaque expérience est fixé, on cherche à définir la succession de celles-ci [la *stratégie* au sens de von Neumann (¹)] qui conduit au résultat avec un coût total moyen minimum pour des valeurs données des probabilités *a priori* $\Pr(H_i)$ de chacune des hypothèses initiales.

Comme exemples d'un tel problème citons :

Un circuit électrique est en dérangement, comment procéder le plus économiquement à la série des vérifications partielles qui permettra d'en retrouver la cause ?

On cherche le seuil de sensibilité d'un sujet à une drogue. Quelle sera la combinaison la plus rapide de tests élémentaires indiquant chacun seulement si telle dose employée est supra ou infra-liminaire ?

Quelle structure donner à un système de clefs dichotomiques pour une flore, un ensemble nosologique, etc., tel que l'identification soit assurée après la recherche d'un nombre minimum de signes ?

Sans prétendre ici à plus qu'à attirer l'attention sur cette question, nous énoncerons divers théorèmes relatifs au cas où le coût de toutes les observations

---

(*) Séance du 27 novembre 1950.

(¹) von Neumann et O. Morgenstern, *Theory of games and economic behaviour*, 1946, p. 79.

est le même et où c'est donc leur nombre moyen qu'on cherche à minimiser. Ces théorèmes sont la généralisation très immédiate et l'application à ce domaine de résultats dus à C. E. Shannon ([2]) dans le problème du codage optimal d'un message aléatoire et reposent sur la théorie de l'information de N. Wiener ([3]).

Supposons que toutes les observations soient possibles; soit $\bar{l}$ le nombre moyen d'observations et I l'information *a priori* définie par

$$\mathrm{I} = \Sigma \Pr(\mathrm{H}_i) \operatorname{Log}_2[\Pr(\mathrm{H}_i)].$$

THÉORÈME 1. — *Il existe au moins une stratégie telle que*

$$\bar{l} \leqq 1 - \frac{\mathrm{I}}{\operatorname{Log}_2 \nu}.$$

THÉORÈME 2. — *Pour toute stratégie*

$$\bar{l} \geqq - \frac{\mathrm{I}}{\operatorname{Log}_2 \nu}$$

et l'égalité est atteinte quand et seulement quand les $\Pr(\mathrm{H}_i)$ *sont telles que chaque observation divise l'ensemble des hypothèses encore admissibles en* ν *sous-ensembles ayant même somme de probabilité.*

Dans le cas particulièrement important de $\nu = 2$ et de $\Pr(\mathrm{H}_i) = (1/n)$ pour toutes les $n\mathrm{H}_i$ on a :

THÉORÈME 3. — *Il existe au moins une stratégie telle que*

$$\bar{l} = [\operatorname{Log}_2 n] + 2\left(1 - \frac{2^{[\operatorname{Log}_2 n]}}{n}\right).$$

($[\operatorname{Log}_2 n]$ représente le plus grand entier contenu dans le logarithme de base 2 de n).

CINÉMATIQUE. — *Vis globique à surface pseudo développable et engrènement par roulement.* Note de M. **Francis Myard**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soient, dans l'espace, deux axes X et Y orthogonaux et non concourants, X étant l'axe géométrique d'une vis globique, et Y celui de la roue conjuguée. Il est connu que dans le cas d'une vis globique classique, la surface de celle-ci est engendrée par une génératrice rectiligne mm' (dont les points successifs de m vers m' sont de plus en plus éloignés de Y, et qui est située dans le plan normal à Y et contenant X), cette droite mm' étant liée à l'axe Y, et animée de

([2]) *A mathematical theory of communication. The Bell system technical journal*, 27, 1948, p. 379-423.

([3]) *Cybernetics*, 1948, p. 47.

deux rotations simultanées : l'une, de vitesse angulaire $+\omega$ autour de Y ; et l'autre, de vitesse angulaire $-\Omega$ autour de X ; et dont le rapport Ω/ω est égal à N/n si N et n sont les nombres de dents respectifs de la roue et de la vis globique. Et l'on sait que, dans ces conditions, c'est toujours la même génératrice mm' de la roue qui glisse contre la surface réglée de la vis globique.

Tout se passe donc, théoriquement, comme si la denture de la roue était d'épaisseur nulle. Et, par conséquent, l'épaisseur vraie (c'est-à-dire, évidemment, non nulle) de la denture nécessite donc que, pour chaque dent de la roue, la surface soit, de part et d'autre du plan médian qui contient X et la génératrice mm', convenablement dégagée ([1]) par rapport à cette génératrice mm' correspondante. D'où déjà, une difficulté à vaincre.

Ces considérations se trouvant rappelées, imaginons, maintenant, une nouvelle génération de surface globique qui serait obtenue de la façon que voici : Prenons, cette fois, et encore liée à l'axe Y, une génératrice rectiligne mm' non plus dans le plan médian (passant par X et normal à Y), mais oblique sur ce plan, c'est-à-dire gauche avec les deux axes X et Y.

Si, comme précédemment, cette génératrice mm' est animée d'une double rotation, simultanément autour de Y (vitesse angulaire $+\omega$) et autour de X (vitesse angulaire $-\Omega$), elle crée, ainsi, une certaine surface globique réglée ; et le point m et le point m' balaient, respectivement, deux hélices globiques résultantes H et H'.

Considérons une position *moyenne* de mm', et supposons que le choix originel (en longueur, place, et inclinaison) du segment rectiligne mm' ait été conçu de telle sorte que, pour cette position, la tangente en m à l'hélice H, et la tangente en m' à l'hélice H' soient concourantes, ce choix étant toujours possible et réalisable par une construction récurrentielle ([2]).

Évidemment, le plan tangent en m à la surface globique réglée est formé, en particulier, par la droite mm' et la tangente en m à H. De même, le plan tangent en m' à la surface globique réglée contient la droite mm' et la tangente en m' à H'. Mais, d'après notre hypothèse de construction, ces deux plans sont confondus. Dans ces conditions, on peut donc dire que, par interpolation, et aux infiniment petits du second ordre près, tout le long de la génératrice mm' (donc, en n'importe quel point de cette dernière), la surface globique réglée possède, sous forme géométrique *approchée*, un seul et même plan tangent.

Or, la chose étant vraie pour la position moyenne de la génératrice mm', on peut dire, également, que, par extrapolation (c'est-à-dire pour toutes les positions intermédiaires de mm' entre ses deux positions extrêmes lesquelles

---

([1]) Ce dégagement ne pouvant être, du point de vue purement mathématique qu'approximatif.

([2]) L'auteur en donnera la réalisation, ultérieurement, dans une publication scientifique plus détaillée.

sont, pour chacune des deux moitiés symétriques de la vis globique : la position médiane, et la position terminale, d'un côté ou de l'autre), on a une surface globique réglée telle que, pour toutes les génératrices quelles qu'elles soient, et le long des points de chacune d'elles, il existe, *par approximation*, un plan tangent unique correspondant.

On a donc une surface pseudo-développable. Et dès lors, il n'est plus nécessaire que l'engrènement entre elle et chaque dent de la roue conjuguée s'opère par le glissement d'une même et invariable génératrice mm' appartenant à ladite dent en prise; mais cet engrènement devient réalisable, pour chaque dent (et sous forme roulante) au moyen d'un cylindre de révolution (lié à la roue, et libre, rotativement, par rapport à celle-ci), les génératrices successives, et constamment renouvelées, du cylindre constituant, à chaque instant, la génératrice mm' d'engrènement. Et cela est parfaitement possible puisque le plan tangent *approché* qui existe sur la surface globique tout le long de la génératrice correspondante se confond avec le plan tangent *idéal* présenté par le cylindre le long de ses génératrices successives d'engrènement mm'.

Même s'ils ne tendaient pas vers zéro, les effets différentiels infinitésimaux parasites pouvant résulter du fait qu'on admet la confusion géométrique entre un plan tangent *approché* et un plan tangent *idéal* seraient neutralisés par les déformations élastiques élémentaires de la matière. Et au total, une telle conception, d'une réalisation pratique simple, donne la solution de vis globiques à génératrices rectilignes plus allongées (pour un même encombrement), et constamment renouvelées par roulement, c'est-à-dire, à hauts rendements et faibles usures.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la consolidation des sols.*

Note de M. **Jean Mandel**, présentée par M. Albert Caquot.

Dans une Communication antérieure ([1]), nous avons montré que l'étude de la consolidation, au cours du temps, d'un sol saturé d'eau, dont l'ossature est supposée élastique, se ramène à la solution d'un problème de valeurs propres correspondant aux conditions imposées à la limite, rendues homogènes (problème analogue à la détermination des vibrations propres d'un domaine).

Nous avons pu résoudre ce problème pour une couche plane parallèle au plan Oxz, limitée par deux faces perméables : $y = \pm b$. Limitons-nous au cas d'une charge de révolution autour de la verticale Oy et prenons d'abord une couche de rayon limité a autour de Oy. La surface latérale de ce cylindre est supposée imperméable et de rayon invariable. Les conditions à la limite,

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 176.

rendues homogènes, sont :

$$t_{yy} = 0, \quad t_{yr} = 0, \quad q = 0, \quad \text{pour} \quad y = \pm b;$$
$$t_{ry} = 0, \quad u_r = 0, \quad \frac{\partial q}{\partial r} = 0, \quad \text{pour} \quad r = a.$$

q désignant la surpression de l'eau, u_r le déplacement suivant le rayon vecteur r en coordonnées cylindriques, t_{ij} une composante de contrainte dont les deux indices correspondent l'un à la normale à la face sur laquelle elle s'exerce, l'autre à la direction sur laquelle la contrainte est projetée.

Les fonctions propres pour la dilatation cubique sont

$$\theta = \mathrm{A}\cos(\beta\eta)\mathrm{J}_0(\alpha\rho), \quad \text{avec} \quad \rho = \frac{r}{b}, \quad \eta = \frac{y}{b},$$

$\mathrm{J}_0(\mathrm{X})$, fonction de Bessel d'ordre zéro. Les fonctions propres pour les autres grandeurs se déduisent des précédentes mais ont des expressions compliquées. On trouve que les constantes α, β doivent satisfaire aux deux conditions ;

$$\mathrm{J}_1\left(\alpha\frac{b}{a}\right) = 0,$$
$$2\mu\alpha\,\mathrm{sh}\,2\alpha(\alpha\,\mathrm{th}\,\alpha + \beta\,\mathrm{tg}\,\beta) = (\lambda + 2\mu)(\alpha^2 + \beta^2)\,\mathrm{th}\,\alpha(\mathrm{sh}\,2\alpha + 2\alpha).$$

$\mathrm{J}_1(\mathrm{X})$ désignant la fonction de Bessel d'ordre 1, λ, μ les coefficients de Lamé de l'ossature. Ces conditions définissent un spectre double de valeurs propres α, β de sorte que, dans la consolidation du cylindre, q et les déplacements de l'ossature se présentent sous forme de séries doubles.

En faisant tendre a vers l'infini, nous obtenons le cas d'une couche plane infinie. Le spectre des valeurs α devient alors continu et la série correspondante est remplacée par une intégrale. Le spectre des valeurs β (pour α donné) restant discontinu, q et les déplacements s'expriment sous forme de séries simples d'intégrales.

Le problème fondamental est celui d'une force concentrée P appliquée à la surface du sol suivant Oy (par superposition on en déduit le cas d'une charge quelconque). Soit h la distance du feuillet moyen de la couche à la surface du sol, T le tassement (déplacement vertical d'un point de la surface du sol) fonction de ρ et $\tau = ct : b^2$ [t, temps, $c = \mathrm{K}(\lambda + 2\mu) : \gamma$; K, perméabilité de la couche; γ, poids spécifique de l'eau]. On trouve

$$\mathrm{T}(\rho, \tau) = \mathrm{T}(\rho, \infty) - \frac{\mathrm{P}}{2\pi\mu b}\int_0^\infty e^{-\alpha\frac{h}{b}}\mathrm{sh}\,\alpha\sum_j \frac{e^{-[\alpha^2+\beta_j^2(\alpha)]\tau}}{\mathrm{U}_j(\alpha) - 1}\mathrm{J}_0(\alpha\rho)\,d\alpha,$$

avec

$$\mathrm{U}_j\left(\frac{\lambda}{\mu}, \alpha\right) = \frac{\mu}{\lambda + 2\mu}\,\frac{\alpha\,\mathrm{ch}^2\alpha(2\beta_j + \sin 2\beta_j)}{\beta_j\cos^2\beta_j(2\alpha + \mathrm{sh}\,2\alpha)},$$

$\mathrm{T}(\rho, \infty)$ est donné par la solution classique de Boussinesq.

En faisant tendre b vers l'infini, on obtient le cas d'une couche d'épaisseur infinie et l'on trouve

$$\mathrm{T}(r, t) - \mathrm{T}(r, \infty) = \frac{\mathrm{P}}{4\pi(\lambda + \mu)} \int_0^\infty e^{-uh' - u^2 \kappa t} \mathrm{J}_0(ur)\, du,$$

h' désignant la distance de la face supérieure de la couche à la surface du sol.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les mouvements ondulatoires de la mer sur une plage.* Note (*) de M. **Maurice Roseau**, présentée par M. Joseph Pérès.

Exposé d'une méthode qui permet d'obtenir la solution générale dans le cas des potentiels $\Phi = e^{i\sigma t}\varphi(x, y)$.

Oy est vertical, Oxz est la surface libre et $y + x\,\mathrm{tg}\,\alpha = 0$ $(x > 0)$ est l'équation de la plage (axe Ot).

$\varphi(x, y)$ est la partie réelle d'une fonction monogène $f(z)$ définie dans le secteur xOt qui doit satisfaire $\mathrm{I}m[(df/dz) + if] = 0$ sur Ox et $\mathrm{I}m[e^{-i\alpha}(df/dz)] = 0$ sur Ot. Ce problème résolu d'abord par H. Lewy dans le cas $\alpha = (p/2q)\pi$ (p et q entiers, p impair) a été étendu récemment par E. Isaacson (²) qui part d'une représentation nouvelle des solutions de H. Lewy. Cette Note a pour objet une méthode directe de recherche.

On cherche pour $f(z)$ une solution de la forme

$$f(z) = \lambda \int_{\mathrm{C}} e^{\zeta z} \frac{g(\zeta)}{\zeta + i}\, d\zeta;$$

C′ est un contour qui part de l'origine dans le premier quadrant, puis passe dans le quatrième quadrant et est asymptote à l'infini à la partie négative de l'axe réel, C″ est le symétrique de C′ par rapport à $x'x$ et nous prenons pour C soit $\mathrm{C}_1 = \mathrm{C}' + \mathrm{C}''$, soit $\mathrm{C}_2 = \mathrm{C}' - \mathrm{C}''$. [On suppose $0 < \alpha < (\pi/2)$]; $g(\zeta)$ est une fonction analytique, sauf en certains points qu'on suppose situés dans le demi-plan de gauche et à l'intérieur d'un cercle de centre O. On a

1°
$$\frac{df}{dz} + if = \lambda \int_{\mathrm{C}} e^{\zeta z} g(\zeta)\, d\zeta.$$

et la première condition aux limites est vérifiée si l'on prend sur C_1 $(\lambda = 1)$, sur C_2 $(\lambda = i)$ et si $\overline{g(\zeta)} = g(\bar{\zeta})$. De même

2°
$$e^{-i\alpha} \frac{df}{dz} = \lambda e^{-i\alpha} \int_{\mathrm{C}} e^{\zeta z} \frac{\zeta g(\zeta)}{\zeta + i}\, d\zeta$$

(*) Séance du 8 janvier 1951.

(¹) *Bulletin of the American Mathematical Society*, 52, 1946.

(²) *Communications in Pure and Applied Mathematics*, March 1950.

et, pour $z = xe^{-i\alpha}$, on obtient après le changement de variables $\zeta e^{-i\alpha} = u$

$$e^{-i\alpha}\frac{df}{dz} = \lambda \int_{\Gamma} e^{ux} \frac{ug(ue^{i\alpha})}{u + ie^{-i\alpha}}\, du,$$

Γ déduit de C par la rotation $(O, -\alpha)$.

On peut remplacer Γ par C pourvu que C ait été pris assez grand pour ne pas rencontrer des singularités de $g(\zeta)$ au cours de la rotation, et la deuxième condition aux limites est vérifiée si

$$\frac{\bar{u}g(\bar{u}\,e^{i\alpha})}{u + i\,e^{-i\alpha}} = \overline{\left[\frac{ug(u\,e^{i\alpha})}{u + i\,e^{-i\alpha}}\right]}.$$

On est ainsi conduit à chercher les fonctions $g(u)$ telles que

$$1^{\circ} \qquad g(\bar{u}) = \overline{g(u)}; \qquad 2^{\circ} \quad \frac{g(u\,e^{2i\alpha})}{g(u)} = \frac{u + i\,e^{-2i\alpha}}{u - i}.$$

Admettant que $g(u)$ n'a pas de zéro dans le demi-plan de droite, on exprime la valeur de la fonction harmonique $\mathrm{L}\,|g(u)|$ au point $u = i\rho\,e^{-2i\alpha}(\rho > 0)$ en fonction des valeurs prises sur l'axe imaginaire $\mathrm{L}\,|g(is)| = h(s)$.

En tenant compte de 1° et de 2°, on obtient, après avoir posé $s = e^{u}$, $\rho = e^{v}$, $h(e^{u}) = \mathrm{H}(u)$ et $h(e^{v}) = \mathrm{H}(v)$

$$\mathrm{H}(v) - \mathrm{L}\frac{e^{v} + 1}{[e^{2v} - 2\,e^{v}\cos 2\alpha + 1]^{\frac{1}{2}}}$$
$$= \frac{\sin 2\alpha}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\left[\frac{e^{v-u}}{e^{2(v-u)} - 2\,e^{v-u}\cos 2\alpha + 1} + \frac{e^{v-u}}{e^{2(v-u)} + 2\,e^{v-u}\cos 2\alpha + 1}\right]\mathrm{H}(u)\,du$$

qui s'intègre facilement en posant $\overline{\mathrm{H}}(w) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{iwu}\,\mathrm{H}(u)\,du$,

$$\overline{\mathrm{H}}(w) = \frac{\pi}{2w}\left[\frac{e^{-\pi w} + 1}{e^{-\pi w} - 1} - \frac{e^{-2\alpha w} + 1}{e^{-2\alpha w} - 1}\right] \qquad \text{d'où} \qquad h(\rho) = \mathrm{L}\left\{\frac{\rho^{\frac{\pi}{\alpha}}}{\rho^{\frac{\pi}{\alpha}} - 1}\,\frac{\rho^2 - 1}{\rho^2}\right\}^{\frac{1}{2}}.$$

La fonction $g(u)$ est définie dans le demi-plan de droite par :

$$g_1(u) = \exp\left\{\frac{1}{\pi i}\int_{i\infty}^{-i\infty}\frac{\mathrm{L}\left\{\dfrac{|z|^{\frac{\pi}{\alpha}}}{|z|^{\frac{\pi}{\alpha}} - 1}\,\dfrac{|z|^2 - 1}{|z|^2}\right\}^{\frac{1}{2}}}{z - u}\,dz\right\},$$

on définit $g(u)$ dans le demi-plan de gauche en prolongeant analytiquement $g_1(u)$.

On obtient ainsi

$$g_2(u) = g_1^{\star}(u)\,\frac{(-u^2)^{\frac{\pi}{\alpha_2}}}{(-u^2)^{\frac{\pi}{\alpha_2}} - 1}\,\frac{u^2 + 1}{u^2},$$

$g_1^*(u)$ a la même expression analytique que $g_1(u)$ et l'on prend la détermination de $(-u^2)^{(\pi/2\alpha)}$ qui pour $u = \pm i\rho$ est égale à $\rho^{\pi/\alpha}$.

Il y a une coupure suivant la partie négative de l'axe $x'x$ sauf dans le cas où $\alpha = (\pi/2n)$ n entier. Dans ce cas $g(u) = [u^{n-1}(u+i)/P_n(u)]\, P_n(u)$, étant un polynome de degré n dont les zéros sont $e^{i\pi(k/n+1/2)}$ $(k = 1, 2, \ldots, n)$.

RELATIVITÉ. — *Sur l'impossibilité d'univers stationnaires clos.*
Note (*) de M. **Don Aufenkamp**, présentée par M. Joseph Pérès.

Il ne peut exister d'univers stationnaires satisfaisant aux équations d'Einstein sans constante cosmologique et qui soient clos dans l'espace.

1. Considérons un univers U satisfaisant aux hypothèses suivantes :

a. La métrique de U est régulière (¹) partout, *stationnaire*, c'est-à-dire admet un groupe d'isométrie à un paramètre dont les trajectoires orientées dans le temps seront appelées lignes de temps (²).

b. En dehors des domaines balayés par l'énergie, cette métrique satisfait aux équations gravitationnelles du cas extérieur :

$$R_{\alpha\beta} = 0 \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, 3, 4). \tag{1}$$

Dans les domaines, engendrés par des lignes de temps, balayés par l'énergie la métrique satisfait aux équations :

$$R_{\alpha\beta} - \frac{1}{2} g_{\alpha\beta} R = \chi T_{\alpha\beta} \tag{2}$$

les différentes métriques intérieures ou extérieures se raccordant conformément aux conditions de Schwarzschild.

c. Les sections d'espaces S sont des variétés *compactes* à trois dimensions. Au voisinage d'une section d'espace, la variété U est le produit topologique par un segment d'une section d'espace S.

2. Nous nous proposons d'établir le théorème suivant :

Théorème. — *Il ne peut exister d'univers relativistes satisfaisant aux hypothèses a, b* et *c*.

Preuve. — Nous utiliserons à cet effet l'extension du théorème de Gauss établi par M. Lichnerowicz (³). L'indice 4 désignant la variable temporelle, on a

$$\nabla_\alpha h^\alpha = R_4^4, \tag{3}$$

(*) Séance du 8 janvier 1951.

(¹) Lichnerowicz, *Actual. Scient. et Ind.*, 833, 1939, p. 37.

(²) Dans le cas purement gravitationnel, cette hypothèse correspond à celui d'un mouvement permanent de la matière.

(³) Lichnerowicz, *loc. cit.*, p. 64-65.

où ∇_α est l'opération de dérivation covariante et où

$$h^i = -\Gamma^4_{4\beta} g^{i\beta} = \Gamma^i_{4\beta} g^{4\beta}, \qquad h^4 = 0 \qquad (i = 1, 2, 3).$$

Il résulte de plus des équations (1) et (2) que $R^4_4 = 0$ dans le cas extérieur et $R^4_4 > 0$ dans le cas intérieur (présence de masses ou distribution électromagnétique).

Cela posé, soient $x^4 = x^4_0$ et $x^4 = x^4_1$ deux sections d'espace voisines S_0 et S_1, V_0 un volume à trois dimensions de S_0 renfermant à son intérieur toutes les distributions énergétiques, V^*_0 le volume complémentaire, dans S_0. Désignons par W le volume d'univers engendré par les lignes de temps issues des points V_0 et limitées à S_0 et S_1. Ce volume W est limité par S_0, S_1 et une hypersurface à trois dimensions Σ engendrée par les lignes de temps. En appliquant (3) à ce volume et compte tenu de $h^4 = 0$, il vient

$$\text{flux}_\Sigma \vec{h} = \iiiint_W R^4_4 \sqrt{-g}\, dx^1\, dx^2\, dx^3\, dx^4$$

et par suite ce flux est *strictement positif*. Appliquons le même théorème au volume d'univers W* construit de la même manière à partir de V^*_0 qui ne contient aucune distribution d'énergie; W* est de même limité par Σ et les deux sections d'espace et l'on en déduit, $\vec{h}$ étant continu à la traversée de Σ

$$\text{flux}_\Sigma \vec{h} = \iiiint_{W^*} R^4_4 \sqrt{-g}\, dx^1\, dx^2\, dx^3\, dx^4 = 0,$$

ce qui implique contradiction.

Dans un univers clos, il ne peut donc y avoir en particulier de mouvements permanents de la matière.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Définition nouvelle de l'hermiticité du quadri-opérateur* — $(h/2\pi i)\partial^k$. Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Une utilisation appropriée du groupe des translations de l'espace-temps et un appel au critère de Bochner étendent et précisent notre définition généralisée et notre preuve antérieures [1]. Celles-ci valent en théorie de l'électron de Dirac, et l'on discute de leur extension à la théorie des particules de spin quelconque.

Soit, en théorie de l'électron de Dirac, $\mathcal{E}$ une portion *quelconque* d'hypersurface du genre espace, où *nous n'exigeons pas que* $|\psi|$ *s'annule à la frontière*, et considérons l'expression

$$F_{\mathcal{E}}(y^i_2 - y^i_1) = [\psi(x^i + y^i_1), \psi(x^i + y^i_2)]_{\mathcal{E}} \qquad (i = 1, 2, 3, 4), \tag{1}$$

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 626 231, 1950, p. 1423.

où le second membre est un *produit scalaire hermitien généralisé* pris sur $\mathcal{E}(x^i)=\mathcal{E}$, au sens par nous défini ([1]). *En tant que fonctionnelle de* $\mathcal{E}$ *et que fonction de* $y^i_2-y^i_1$, F *est invariante par les translations simultanées de* $\mathcal{E}$ *et de l'origine des* y^i, *qui laissent fixes dans l'espace-temps les deux hypersurfaces* $\mathcal{E}_1$ *et* $\mathcal{E}_2$ *décrites par* $x^i_1=x^i+y^i_1$ *et* $x^i_2=x^i+y^i_2$.

En tant que fonction de $y^i_2-y^i_1$, F satisfait au critère des fonctions caractéristiques de Bochner ([2]) car, y^i_p désignant N quadrivecteurs minkowskiens et c_p N constantes complexes arbitraires, on a

$$\sum_{p,q} c^*_p c_q F(y^i_q-y^i_p)=\left[\sum_p c_p\psi(x^i+y^i_p),\ \sum_q c_q\psi(x^i+y^i_q)\right], \tag{2}$$

expression qui, *en théorie de Dirac*, est définie positive.

Pour tirer de (1) une définition de F comme fonction d'une seule variable quadrivectorielle y^i, il suffit de fixer par exemple y^i_1 à une valeur prédéterminée y^i_0 et de laisser varier $y^i_2=y^i$; *pour que cette définition de* $F(y^i)$ *soit invariante, il faut, à chaque nouveau choix de* y^i_0 *associer une* $\mathcal{E}$ *bien définie différente;* par exemple, posant $\Delta y^i=y^i_2-y^i_1$,

$$F_{\mathcal{E}_1}(\Delta y^i-0)\neq F_{\mathcal{E}_1}(0+\Delta y^i),\qquad \text{mais}\qquad F_{\mathcal{E}_1}(\Delta y^i-0)=F_{\mathcal{E}_2}(0+\Delta y^i). \tag{3}$$

La manière la plus symétrique de définir $F(y^i)$ est évidemment

$$F_{\mathcal{E}}(y^i)=F_{\mathcal{E}}\left(\frac{1}{2}y^i+\frac{1}{2}y^i\right)=\left[\psi\left(x^i-\frac{1}{2}y^i\right),\ \psi\left(x^i+\frac{1}{2}y^i\right)\right]; \tag{4}$$

en se reportant à l'expression de la *fonction caractéristique* d'Arnous ([3]) et à notre expression de sa définition ([1]), l'on reconnait là la fonction caractéristique du quadriopérateur

$$P^k\equiv-\frac{h}{4\pi i}[\partial^k]\equiv-\frac{h}{4\pi i}\left[\overrightarrow{\partial^k}-\overleftarrow{\partial^k}\right], \tag{5}$$

qui apparaît, spontanément dans les tenseurs de la théorie de Dirac.

Ainsi, une utilisation un peu subtile du groupe des translations de l'espace-temps et l'appel au critère de Bochner nous ont permis de *définir* et de *prouver*, à l'aide seulement du caractère défini positif du $\psi^+\psi$ de Dirac, l'hermiticité du quadri-opérateur P^k dans des conditions moins restrictives et plus sûres que dans notre premier travail ([1]). Notre définition contient en particulier les deux définitions classiques de l'hermiticité du tri-opérateur P^0 (invariance du *produit de composition* par une translation sur lui-même du domaine plan d'intégration tridimensionnel) et de l'hamiltonien H dans le cas où il est conservatif (identité, alors, des spectres de H et de $-h[\partial^l]/4\pi i$, et modifica-

---

([2]) *Vorlesungen über Fouriersche Integrale*, Leipzig, 1932, p. 74.

([3]) *Journal de Physique*, 8, 1947, p. 87.

tion du ψ par un simple facteur de phase par une translation parallèle au temps). *Dans le cas général, l'hermiticité de* $-h[\partial^t]/4\pi i$ *a un sens au même titre que celle de* H_t. Par l'intime connexion qu'elle établit entre le spectre du quadri-opérateur P^k relatif à un *état* $\mathcal{E}$ et l'évolution spatio-temporelle du ψ, notre théorie transpose en forme covariante la connexion, bien connue par la théorie quantique de la largeur des raies spectrales et par le théorème de Fock et Krylov ([4]), entre le spectre à l'instant t de H et l'évolution temporelle du ψ; le théorème de Fock et Krylov est directement généralisé sous forme covariante par nos formules (1) ou (4).

Prenant l'intégrale triple (4) sur un contour fermé $\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1 + \mathcal{P}$ formé de deux *états* de l'électron et d'une hyperparoi du genre temps, transformant en intégrale quadruple étendue au domaine enfermé et tenant compte, dans celle-ci, de l'équation de Dirac et de son associée, il vient ([5]), pour la variation entre $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$ de la fonction caractéristique $F(y^i)$,

$$(6)\quad F_2(y^i) - F_1(y^i)$$
$$= -\left[\psi\left(x^i - \frac{1}{2}y^i\right), \psi\left(x^i + \frac{1}{2}y^i\right)\right]_{\mathcal{P}}$$
$$+ \iiiint_{\Omega} i\varepsilon \left\{ A^k\left(x^i + \frac{1}{2}y^i\right) - A^k\left(x^i - \frac{1}{2}y^i\right)\right\} \bar{\psi}\left(x^i - \frac{1}{2}y^i\right)\gamma_k\psi\left(x^i + \frac{1}{2}y^i\right)\delta\omega$$

($\bar{\psi} = \psi^+\gamma^0$); au second membre, l'intégrale triple d'hyperparoi, qui satisfait encore à la formule (2) mais n'est plus définie positive, s'interprète comme un *flux* de fonction caractéristique par éléments de surface et de temps ([6]), et l'intégrale quadruple montre qu'un domaine Ω où le quadripotentiel A^k varie est une *source* pour la fonction caractéristique ([7]).

Si l'on cherche à étendre la présente théorie aux particules de spin multiple de 1/2, l'égalité (2) reste vraie, mais ne fournit pas une expression définie positive; *en l'absence de quadripotentiel régnant*, aucune difficulté réelle ne suit de là, car le flux de la fonction caractéristique est alors conservatif. Le problème logique qui surgit dans le cas général ne diffère pas essentiellement de celui de l'interprétation d'une densité de présence non définie positive.

([4]) *Journal of Physics*, II, 1947, p. 116-120.

([5]) La transformée de Fourier du premier membre donne la variation du poids statistique de chaque valeur possible du quadri-opérateur P^l, ainsi que le fait pour l'hamiltonien la méthode de la variation des constantes. Notre formule (6) permet une intéressante comparaison des spectres de $i\,\partial^t$ et de H_t.

([6]) Cette notion interviendrait dans des problèmes de diffraction-hachage tels que celui par nous étudié (*Comptes rendus*, 225, 1947, p. 724 et 227, 1948, p. 1210).

([7]) Si A^k reste invariable le long des axes parallèles d'une famille y^i, l'intégrale quadruple est nulle pour ces y^i, et l'on retrouve le théorème connu des intégrales premières de l'impulsion-énergie totale.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie du champ soustractif de Louis de Broglie* [1] *et la fonction d'interaction de R. P. Feynman* [2]. Note de M. **Antoine Visconti**, présentée par M. Louis de Broglie.

On écrit sous forme invariante certaines formules de la théorie du champ soustractif. On montre qu'on pourrait remplacer l'hypothèse de coupure des fréquences hautes de R. P. Feynman par celle du champ soustractif, mais, qu'entre les deux théories subsiste une différence fondamentale.

1. Considérons l'élément de matrice de la théorie du champ soustractif [3] et proposons-nous de l'écrire sous forme invariante au moyen du formalisme de R. P. Feynman [4]. Nous arrêtant à l'approximation première et appelant ψ_{n0} la fonction d'onde initiale

$$\psi^{(1)}(\mathbf{x}, t) = -i \int \mathrm{K}_0(\mathbf{x}, t; \boldsymbol{\xi}, \tau)\beta\mathrm{A}(\boldsymbol{\xi}, \tau)\psi_{n0}(\boldsymbol{\xi}, \tau)\, d^3\boldsymbol{\xi}\, d\tau.$$

L'introduction d'une fonction δ sous le signe $\int$ indiquerait que A bien que semblant agir sur tous les points de l'espace agit en fait sur le seul point géométrique où se trouve placé l'électron. Dans la théorie du champ soustractif cette fonction δ est à remplacer par une fonction $\sigma(x)$ du quadrivecteur x, généralisant la densité spatiale σ de de Broglie [5] on a donc

$$\psi^{(1)}(\mathbf{x}, t) = -i \iint \mathrm{K}_0(x, \xi^1)\sigma(\xi^1 - \xi)\beta\mathrm{A}(\xi^1)\psi_{n0}(\xi)\, d^4\xi\, d^4\xi^1$$

où x, ξ, ξ^1 sont des quadrivecteurs. Si l'on explicite A suivant la méthode employée par M. de Broglie [6], on est amené à prendre la transformée de Fourier de $\sigma(\xi^1 - \xi)$ et il est tout indiqué de prendre pour cette transformée $\mathrm{C}(k^2) = k_0^2(k_0^2 - k_\mu k_\mu)^{-1}$ invariant relativiste attaché par M. de Broglie au

---

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 157, 269, 401, 640; **230**, 1950, p. 1009.

(2) *Phys. Rev.*, **76**, 1949, p. 769 et 749.

(3) L. de Broglie, *J. Phys.*, **11**, 1950, p. 435, form. (24) ou *Portuguliae Matematica*, **8**, 1949, p. 53, form. (60).

(4) *Loc. cit.*, p. 751, form. (9) ou (13). Cette même formule pourrait être facilement rattachée aux résultats des *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 507. Il est d'ailleurs à remarquer que dans le sommaire précédant cette Note, la solution étudiée est qualifiée d'exacte. Il est facile de voir par le détail des calculs (*Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 333) qu'elle n'est qu'approchée : pour un $\mathrm{R}(\mathbf{x})$ quelconque l'approximation obtenue est celle du premier ordre de la théorie des perturbations et va en s'améliorant dans la mesure où $\mathrm{R}(\mathbf{x})$ est lentement variable. Cette hypothèse est d'ailleurs explicitement utilisée dans le paragraphe **2** de la Note en question.

(5) *J. Phys.*, **11**, p. 482, form. (6).

(6) *Port. Mat.*, *loc. cit.*, p. 53.

système de référence de la transition elle-même. Cette transformation faite, on obtient :

$$\psi^{(1)}(\mathbf{x}, t) = -i\int K_0(x, \xi)\beta A(\xi) C(k^2)\psi_{n_0}(\xi)\, d^4\xi$$

où A est le quadrivecteur potentiel de la théorie du photon; on peut voir que les probabilités de transition invariantes qu'on en tire coïncident avec celles de M. de Broglie.

2. Dans la théorie du champ soustractif de Louis de Broglie, le potentiel entourant un électron est à un facteur numérique près (7) : $(e^{-\gamma r} - e^{-k_0 r})r^{-1}$ où γ et k_0 sont respectivement les constantes des champs photoniques et mésoniques. Par analogie avec le procédé de M. Feynmann (8) qui pour étudier le potentiel d'interaction de deux particules remplace le potentiel coulombien par une fonction d'espace-temps U_F : $\square U_F = 4\pi\delta(x)$ (d'où la transformée de Fourier : $[\pi^{-1}(k_\mu k_\mu)$ de $U_F]$; nous généraliserons le potentiel $e^{-\chi r}$ par une fonction U_B : $\square U_B + \chi^2 U_B = 4\pi\delta(x)$ d'où la transformée de Fourier $\pi^{-1}(\chi^2 - k_\mu k_\mu)^{-1}$. Par suite, la transformée de Fourier du potentiel de la théorie du champ soustractif est donc :

$$F_B(k^2) = \pi^{-1}[(\gamma^2 - k_\mu k_\mu)^{-1} - (k_0^2 - k_\nu k_\nu)^{-1}] \approx \pi^{-1}\gamma^{-2} C_\gamma(k^2) C_{k_0}(k^2)$$

car $k_0 \gg \gamma$ et $C_\gamma(k^2)$ est déduit du coefficient d'interaction $C_{k_0}(k^2)$ de de Broglie en remplaçant k_0 par γ. On peut comparer F_B à la fonction $F_+(k^2)$ de R. P. Feynman (9) qui est la transformée de Fourier de la fonction d'interaction de f_+. Pour $\lambda \geq k_0$: $G(\lambda) \approx 0$ et l'on voit immédiatement en utilisant les propriétés de la fonction $G(\lambda)$ [ou en prenant $G(\lambda) = \delta(\lambda - k_0)$] que $F_+(k^2)$ n'est autre que $F_B(k^2)$ dans lequel on a supposé $\gamma \approx 0$. Ainsi donc f_+ correspond à la fonction d'interaction $(1 - e^{-k_0 r})r^{-1}$: potentiel de l'électron dans la théorie du champ soustractif : on peut donc utiliser l'hypothèse du champ soustractif de Louis de Broglie au lieu de l'hypothèse de coupure des fréquences hautes de R. P. Feynman. Cette analogie de forme cache pourtant une différence essentielle dans l'interprétation de l'interaction électron-rayonnement : pour R. P. Feynman le facteur $C(k^2)$ est attaché à chaque trajet de photon tandis que pour Louis de Broglie il est attaché à chaque interaction. Cette différence se manifeste dans le calcul de l'énergie propre de l'électron qui contient un seul facteur $C(k^2)$ pour R. P. Feynman alors qu'elle en contient deux pour Louis de Broglie. On pourrait essayer de rapprocher les deux points de vue en faisant jouer aux facteurs $C_\gamma(k^2)$ et $C_{k_0}(k^2)$ les rôles des facteurs d'émission ou d'absorption. L'énergie propre de l'électron

(7) *J. de Phys.*, *loc. cit.*, p. 488, form. (39).

(8) *Loc. cit.*, p. 733, form. (5) (en note).

(9) *Loc. cit.*, relation précédant la formule (16), p. 776.

conduirait à l'intégrale [10].

$$\gamma^{-2} e^2 (i\pi)^{-1} \int \gamma_\mu C_\gamma(k^2) [(p_\nu - k_\nu)\gamma_\nu - m]^{-1} C_{k_0}(k^2) \gamma_\mu \, d^4 k$$

la polarisation du vide [11] à

$$\gamma^{-2} \iint \mathrm{Tr} \{ \gamma_\nu C_\gamma(k^2) [(p_\rho + k_\rho)\gamma_\rho - m]^{-1} [\gamma_\sigma p_\sigma - m]^{-1} C_{k_0}(k^2) \gamma_\mu \} \, d^4 k \, d^4 p.$$

Leur interprétation se heurte à des difficultés du fait que rien ne permet de décider lequel des deux facteurs doit être attaché à l'émission ou à l'absorption : leur rôle étant parfaitement symétrique dans les formules.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur un dispositif permettant la détermination des constantes diélectriques aux hyperfréquences par une méthode de zéro* (II). Note de M. **Marc Bruma**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente [1] nous avons indiqué les principes d'une méthode de zéro pour la mesure des constantes diélectriques aux hyperfréquences et nous avons établi une formule générale. Cette formule se simplifie considérablement dans les cas particuliers que nous allons examiner maintenant.

Considérons une cavité cylindrique de rayon a vibrant dans le mode E_{010} et un échantillon de diélectrique également cylindrique de rayon b introduit suivant l'axe de la cavité. Le champ électrique n'a dans ce cas qu'une composante axiale, partout tangentielle à la surface du diélectrique et qui varie dans la direction du rayon suivant $J_0(kr)$, r étant le rayon courant et $k = (2\pi/\lambda_0)\sqrt{\varepsilon'/\varepsilon_0}$.

On voit qu'on peut rendre les champs E_1 et E_2 figurant dans l'expression (6) de la Note précédente [1] égaux au champ E_0, à 1 % près si

$$\left(\frac{b}{a}\right)\sqrt{\left(\frac{\varepsilon'}{\varepsilon_0}\right) - 1} \leq \frac{1}{25}. \tag{II.1}$$

En remplaçant E_1 et E_2 par E_0 on trouve pour la constante diélectrique $\varepsilon'_r (= \varepsilon'/\varepsilon_0)$, avec la même précision de 1 %

$$\varepsilon'_r - 1 = \frac{\iiint_{\Delta_2} \left\{ \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2 + \frac{1}{2}\mu_0 H_0^2 \right\} d\tau}{\iiint_{\Delta_1} \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2 \, d\tau}. \tag{II.2}$$

[10] R. P. Feynman, *loc. cit.*, p. 775, form. (11).

[11] L. de Broglie, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2061, form. (4).

[1] M. Bruma, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 42.

dans laquelle Δ_1 représente le volume du diélectrique et Δ_2 la variation du volume de la cavité provoquée par la perturbation locale de sa paroi conductrice. Cette perturbation peut être réalisée par petit déplacement d'un cylindre métallique plein, de rayon c soit dans la direction de l'axe du résonateur (*fig.* 1), soit dans une direction normale à ce même axe (*fig.* 2).

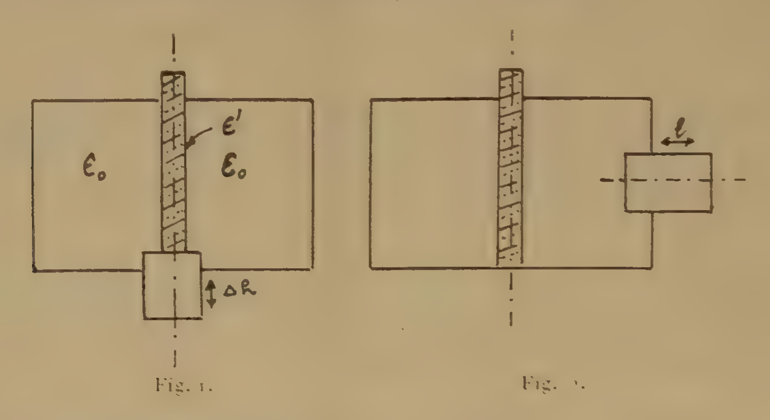


Fig. 1. Fig. 2.

Dans le premier cas la formule (II.2) conduit à

$$\varepsilon'_r - 1 = 2\left[\frac{F_2\left(2,4\frac{c}{a}\right)}{F_1\left(2,4\frac{b}{a}\right)}\right]\frac{\Delta_2}{\Delta_1}. \qquad \text{(II.3)}$$

Avec

$$\left\{\begin{aligned} F_2\left(2,4\frac{c}{a}\right) &= \frac{1}{2,4\frac{c}{a}} J_0\left(2,4\frac{c}{a}\right) J_1\left(2,4\frac{c}{a}\right), \\ F_1\left(2,4\frac{b}{a}\right) &= J_0^2\left(2,4\frac{b}{a}\right) - J_1^2\left(2,4\frac{b}{a}\right). \end{aligned}\right. \qquad \text{(II.4)}$$

La fonction $F_1(2,4\,b/a)$ est égale à 1 à mieux que 1 % près si la relation (II.1) est satisfaite. On pourra donc écrire sans introduire une erreur supplémentaire :

$$\varepsilon'_r - 1 = 2 F_2\left(2,4\frac{c}{a}\right)\frac{\Delta_2}{\Delta_1} = 0,347\frac{V_0}{\Delta_1}\varphi(x)\frac{\Delta h}{h}. \qquad \text{(II.5)}$$

Où $V_0(=\pi a^2 h_0)$ volume du résonateur vide, Δh le déplacement axial du cylindre métallique de rayon c et $x = 2,4\,c/a$: $\varphi(x) = x J_0(x) J_1(x)$.

L'expression (II.5) relie la constante diélectrique de l'échantillon au déplacement axial Δh nécessaire pour ramener la cavité contenant le diélectrique à la résonance, *la fréquence de la source restant constante*.

Dans le cas de la perturbation radiale un calcul analogue donne

$$\varepsilon'_r - 1 = \left[0,269 - F_3\left(\frac{l}{a}\right)\right]\frac{\Delta_2}{\Delta_1}. \qquad \text{(II.6)}$$

Avec

$$F_3\left(\frac{l}{a}\right) = \frac{1}{l}\int_0^l J_1^2\left(2,4\frac{l-a}{a}\right) dl. \qquad \text{(II.7)}$$

où Δ_2 est une diminution du volume de la cavité et l est le déplacement du cylindre métallique.

Au voisinage de la paroi, la fonction F_3 tend vers zéro, et (II.6) se réduit à

$$\varepsilon'_r - 1 = 0,269 \frac{\Delta_2}{\Delta_1}. \tag{II.8}$$

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur le calcul du champ créé par un circuit en hélice.* Note de M. **Élie Roubine**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans des publications antérieures (1), (2) on a calculé la composante E_z du champ électrique créé, en un point de son axe, par une hélice illimitée siège d'une onde progressive de courant $I e^{-jk'l}$. La même méthode de calcul, directe, permet d'obtenir l'ensemble des composantes des champs $\vec{E}$ et $\vec{H}$, en tout point de l'axe, sous une forme finie n'utilisant que des transcendantes connues.

Les notations sont celles d'une Note antérieure (2). En tout point M de l'axe de l'hélice les potentiels et les champs peuvent être respectivement exprimés au moyen d'intégrales de la forme

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\gamma u} \frac{e^{-jkr}}{r} du = 2 K_0(a\sqrt{\gamma^2 - k^2}),$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\gamma u} \frac{1 + j^{kr}}{r^3} e^{-jkr} du = \frac{2}{a}\sqrt{\gamma^2 - k^2}\, K_1(a\sqrt{\gamma^2 - k^2});$$

où K_0 et K_1 désignent les fonctions de Bessel modifiées de seconde espèce d'ordres 0 et 1. En posant

$$\gamma_{1,2} = \frac{k'}{\sin\alpha} \mp \frac{1}{a \operatorname{tg}\alpha},$$

$$p_0 = a\sqrt{\frac{k'^2}{\sin^2\alpha} - k^2}, \qquad p_1 = a\sqrt{\gamma_1^2 - k^2}, \qquad \ldots$$

on trouve les expressions explicites suivantes des composantes des champs :

$$E_r = \frac{I}{4\pi\omega\varepsilon} e^{-j\frac{k'}{\sin\alpha}z} \left\{ k^2 \operatorname{cotg}\alpha [K_0(p_1) - K_0(p_2)] - \frac{k'}{a\sin\alpha}[p_1 K_1(p_1) + p_2 K_2(p_2)] \right\},$$

$$E_\varphi = -j\frac{I}{4\pi\omega\varepsilon} e^{-j\frac{k'}{\sin\alpha}z} \left\{ k^2 \operatorname{cotg}\alpha [K_0(p_1) + K_0(p_2)] - \frac{k'}{a\sin\alpha}[p_1 K_1(p_1) - p_2 K_1(p_2)] \right\},$$

$$E_z = j\frac{I}{2\pi\omega\varepsilon} e^{-j\frac{k'}{\sin\alpha}z} \left(\frac{k'^2}{\sin^2\alpha} - k^2 \right) K_0(p_0),$$

$$H_r = j\frac{I}{4\pi} e^{-j\frac{k'}{\sin\alpha}z} \left\{ \operatorname{cotg}\alpha [\gamma_1 K_0(p_1) + \gamma_2 K_0(p_2)] - \frac{1}{a}[p_1 K_1(p_1) - p_2 K_1(p_2)] \right\},$$

$$H_\varphi = \frac{I}{4\pi} e^{-j\frac{k'}{\sin\alpha}z} \left\{ \operatorname{cotg}\alpha [\gamma_1 K_0(p_1) - \gamma_2 K_0(p_2)] - \frac{1}{a}[p_1 K_1(p_1) + p_2 K_1(p_2)] \right\},$$

$$H_z = \frac{I}{2\pi a} e^{-j\frac{k'}{\sin\alpha}z} \operatorname{cotg}\alpha\, p_0 K_1(p_0).$$

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1101.

(2) *Onde électrique*, 1947, p. 203.

Les composantes E_r et H_r sont portées par la normale MM′ commune à l'hélice et à l'axe au point M. La discussion est alors aisée. En M, les ellipses de polarisation des deux champs ont leur petit axe porté par MM′. Elles sont entraînées dans un mouvement hélicoïdal, autour de l'axe de l'hélice, avec la vitesse de translation $v' \sin\alpha (v' = \omega k')$. Dans le cas du tube à ondes progressives usuel, elles sont très allongées et très inclinées sur l'axe. Le rapport des axes est alors de l'ordre de 20. Les champs transversaux sont pratiquement polarisés circulairement mais c'est là un cas particulier. Leur effet est, dans l'exemple considéré, beaucoup plus faible que celui de la composante axiale (de l'ordre de 1/20).

Il est intéressant de noter qu'aux très basses fréquences le champ électrique se réduit à sa composante E_r :

$$E_r \simeq -\sqrt{\frac{\mu}{4\pi\varepsilon}}\sqrt{\frac{\cos\alpha}{\sin^3\alpha}}\, e^{-\operatorname{cotg}\alpha}\, I$$

tandis qu'on retrouve pour H_z l'expression classique du champ magnétique du solénoïde ordinaire :

$$H_z = n_1 I, \qquad \text{où} \quad n_1 = \frac{1}{2\pi a \operatorname{tg}\alpha}$$

est le nombre de spires par unité de longueur. On a donc écrit plus haut une expression générale du champ H_z pour le solénoïde utilisé aux fréquences élevées. L'expression approchée

$$H_z \simeq n_1 I \left\{ 1 + \frac{(ka \operatorname{cotg}\alpha)^2}{2} [\operatorname{Log}(ka \operatorname{cotg}\alpha) - 0,616] \right\} e^{-j\frac{k}{\sin\alpha}z}$$

pourrait être éventuellement utilisée ($k' = k$).

RAYONS X. — *Sur l'influence théorique, en faisceau divergent, de l'absorption dans le bâtonnet et des conditions expérimentales sur l'homogénéité des raies de Debye-Scherrer.* Note de M[lle] **Cécile Stora**, présentée par M. Paul Pascal.

Lihl (¹) a établi que le rayon primaire responsable du bord interne de la raie émise par un bâtonnet totalement opaque, correspond à la plus petite des deux valeurs que prend le trajet s (incident plus diffracté) parcouru à l'intérieur du bâtonnet par les deux rayons primaires limitant le pinceau issu du point F′ de la fente, c'est-à-dire pour les deux valeurs de $\psi(1)$ limites de l'intersection de l'ellipse (F′) par la parallèle à l'axe des ψ menée du point d'ordonnée 2ω. Lorsque ψ est petit (3 à 5°), on a

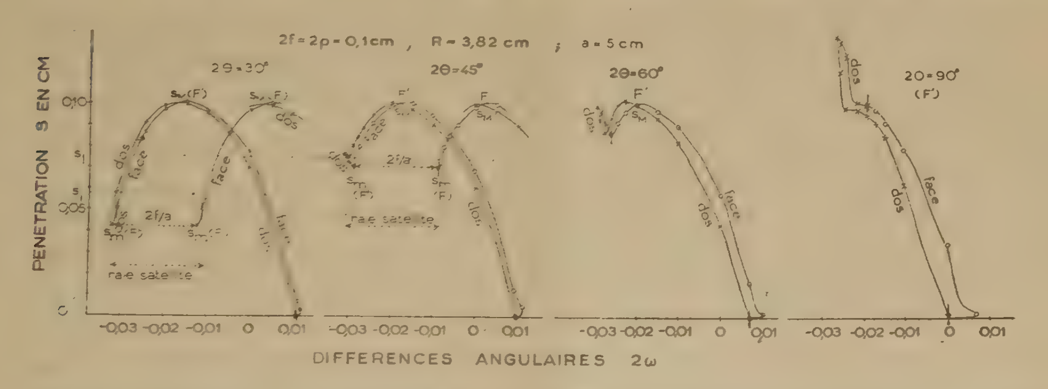
$$s = \sqrt{\rho^2 - (a\psi - r)^2} + \sqrt{\rho^2 - R^2(2\omega - \psi)^2} - \frac{1 - \cos 2\theta}{\sin 2\theta}[R(2\omega - \psi) + a\psi - r].$$

(¹) F. Lihl, *Zeits. f. Krist.*, A, 83, 1932, p. 193-221; C. Stora, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 8. On a utilisé les mêmes notations.

Cependant, pour une absorption moyenne, à une même valeur de s répondent toujours deux rayons issus du même point de la fente traversant le bâtonnet, l'un à droite, l'autre à gauche du rayon central. Donc, *au trajet limite s_l au delà duquel tout rayon est absorbé dans le bâtonnet* [$I_l/I_0 = e^{-\mu s_l} = 1/10^x$ ou $s_l = 2{,}3026\, x/\mu$, x étant à définir expérimentalement] répondent deux rayons issus, l'un de l'extrémité F' formant le bord interne *d'une raie principale* ayant pour bord externe celui de la raie géométrique, l'autre de l'extrémité F formant le bord externe *d'une raie satellite* dont le bord interne (petits angles 2θ) coïncide avec celui de la raie géométrique.

Divers facteurs géométriques conditionnent alors *l'existence de la raie satellite*; ce sont : l'angle 2θ de diffraction, le diamètre du bâtonnet, le rapport R/a, l'ouverture de la fente ($2f/a$).

Pour un point de la fente, la courbe représentant la pénétration s en fonction de 2ω, comporte deux branches relatives à la diffraction par la face et le dos du bâtonnet et passant toutes deux, aux petits angles 2θ, par un maximum s_M (diamètre du bâtonnet) entre lesquels se croisent les courbes (*fig.*). Ainsi, le



chemin minimum s_l parcouru dans le bâtonnet relève à gauche de s_M de la diffraction par la face ou le dos, et, à droite de s_M, toujours de la diffraction par le dos du bâtonnet. Aux faibles 2θ, une valeur de s_l conduit bien, en dehors des limites de la raie géométrique, à deux autres valeurs de 2ω, donc à deux points différents de la raie. Quand 2θ, varie, l'aspect de ces courbes $s = \varphi(2\omega)$ serait bien représenté par celui d'une feuille d'iris repliée, dont la pointe touchant le sol pour 2θ voisin de zéro, se relève progressivement lorsque 2θ croît, pour être complètement dépliée vers 2θ voisin de 90°. L'existence géométrique de la raie satellite est liée à l'intersection de la partie retombante des courbes, à gauche de s_M, par la parallèle à l'axe des 2ω menée du point s_l des ordonnées.

1° Si $s_l < s_m$, il n'y a pas de raie satellite (bâtonnet opaque).

2° Si $s_m < s_l < s_M$, une raie satellite peut exister nettement séparée de la raie principale. La contribution par le point de la fente à la largeur de la raie satellite est égale à la différence des abscisses de la pointe de la courbe à gauche de s_M et du point d'intersection (face) par la parallèle à l'axe des 2ω

menée du point s_l. Sans pouvoir entrer dans le détail, (existence théorique de deux raies satellites) cette contribution à la raie satellite diminue en fonction de 2θ et disparaît pour un angle $2\theta_\lambda$ tel que le minimum de la courbe relative à la face devienne tangente à la courbe relative au dos. Cet angle $2\theta_\lambda$ se détermine soit graphiquement, soit par l'équation suivante montrant que $2\theta_\lambda$ est uniquement fonction du rapport R/a :

$$\frac{\rho \sin 2\theta_\lambda}{\left(\frac{R^2}{a^2}+\frac{2R}{a}\cos 2\theta_\lambda+1\right)} \times \left\{ \sqrt{\left(\frac{R}{a}+\cos 2\theta_\lambda\right)^4+2\left(\frac{R}{a}+\cos 2\theta_\lambda\right)^2\left[1-\left(\frac{2R}{a}+\cos 2\theta_\lambda\right)\cos 2\theta_\lambda\right]+\sin^2 2\theta_\lambda\left[1-\left(\frac{2R}{a}+\cos 2\theta_\lambda\right)^2\right]} - \left[\frac{R^2}{a^2}+\frac{4R}{a}\cos 2\theta_\lambda - 1) - 4\cos 2\theta_\lambda + 3\right] \right\} = 0.$$

R/a variant de 1 à 0 ($a=\infty$, cas jamais réalisé), l'angle $2\theta_\lambda$ passerait de 90° à 60°. Avec les chambres françaises de rayon 3,82 et 5^{cm},72. ($a=5$ et 7^{cm}) $2\theta_\lambda$ prendrait respectivement pour valeurs, 79° et 85°.

3° Si $s_l > s_M$, la raie satellite peut disparaître (bâtonnet presque transparent).

Une diminution du diamètre ρ du bâtonnet entraînerait simultanément une variation proportionnelle des ordonnées ($s_M = 2\rho$) et des abscisses (domaine total $\Delta 2\omega = (2\rho/R\sqrt{(R^2/a^2)+(2R/a)\cos 2\theta+1})$ des courbes $s=\varphi(2\omega)$, rendant imperceptible ou inexistante la raie satellite.

Le point de la fente se déplaçant de l'extrémité F′ à l'extrémité F, le système de courbes $s=\varphi(2\omega)$ se translate simplement le long de l'axe des 2ω d'une distance égale à celle du centre des ellipses le long du même axe, c'est-à-dire de $2f/a$. La raie satellite s'élargit. Le domaine laissé à la variation du chemin limite s_l compris entre le minimum de la courbe relative au point F et le point d'intersection de la branche fixe de F′ (dos), avec la partie mobile de la courbe de F (face), diminue jusqu'à s'annuler quand f augmente. Au moment de la rencontre, le bord externe de la raie satellite, relevant de F, se confond avec le bord interne de la raie principale et la raie satellite formerait un plateau d'intensité bordant latéralement la raie principale. Une ouverture de fente supérieure au diamètre du bâtonnet (double) serait favorable à une homogénéisation apparente de la raie.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur l'existence d'un maximum secondaire dans la courbe de transition des gerbes photoélectroniques.* Note (*) de MM. **Roland Maze** et **Tsai-Chü**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le développement des gerbes photoélectroniques dépend du rayonnement par freinage de l'électron et de la matérialisation du photon. C'est le méca-

(*) Séance du 6 décembre 1950.

nisme fondamental de la théorie des cascades. La théorie, dans ses présentes approximations, peut prévoir les résultats expérimentaux très satisfaisants pour l'énergie de particules bien supérieure à l'énergie critique. La dégradation d'énergie à la fin d'une cascade produit une quantité considérable d'électrons et de photons de faible énergie. Les électrons sont absorbés par ionisation, mais les photons d'une énergie comprise entre 1 et 10 MeV, c'est-à-dire dans la région du minimum d'absorption, peuvent pénétrer encore quelques centimètres de plomb et prolonger les cascades. C'est l'explication de Cocconi et Greisen ([1]) sur le pouvoir pénétrant des particules dans les gerbes d'Auger.

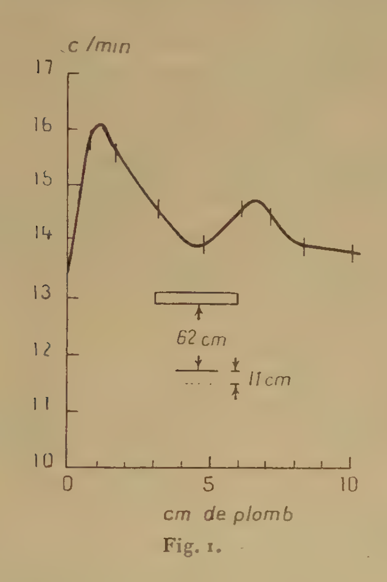


Fig. 1.

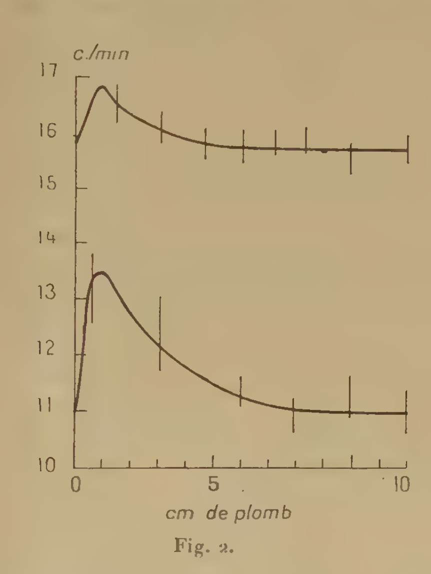


Fig. 2.

Un dispositif semblable à celui de Bothe et Thurin ([2]) a été adopté pour étudier les paires de particules produites à la sortie du plomb. Il est constitué par deux bancs croisés de 12 compteurs à coque externe en verre mince ($0^{mm},8$ d'épaisseur) cloisonnés par des bandes d'aluminium faisant fonction d'écran électrostatique ($0^{mm},6$ d'épaisseur). Les compteurs non voisins dans chaque banc sont mis en parallèle et l'on compte les coïncidences quadruples. L'écartement des bancs et la distance au plomb est réglée pour rendre le détecteur particulièrement sensible à des paires de particules tombant plus ou moins verticalement avec un angle d'ouverture d'environ 4°. Le plomb couvre une surface constante ($75 \times 75^{cm^2}$) et il est supporté par deux poutrelles d'acier en U (8^{mm} d'épaisseur) laissant ainsi à l'air libre les trois quarts de la surface inférieure.

Pour éviter les perturbations atmosphériques, et des changements des

---

([1]) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1063 et 1071.

([2]) *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 544.

conditions de l'appareil, nous avons croisé les points toutes les heures. La courbe de transition (*fig.* 1) qui représente le résultat total de quatre séries de mesures parfaitement cohérentes, nous indique un deuxième maximum vers 6^{cm} Pb, soit environ 2^{cm} après le minimum. Son amplitude par rapport au fond est de 5 %, l'erreur statistique des points de 1 %. En mettant 6^{mm} d'Al (*fig.* 2, courbe 2) au-dessus des bancs, ou encore 4^{mm} de Pb (*fig.* 2, courbe 1) entre les bancs, le maximum est entièrement effacé. L'augmentation du fond dans le cas de l'aluminium est due à la production locale des électrons de choc, et la diminution dans le cas du plomb provient d'une absorption. Un électron de 5 MeV peut avoir un parcours de 8^{mm} d'Al (3) ou 3^{mm} de Pb (4). Il est évident que ce maximum doit être dû à la matérialisation des photons produits à la fin des cascades et traversant le plomb avec un parcours moyen de deux centimètres.

Le deuxième maximum à 15^{cm} Pb observé par d'autres expérimentateurs (5), (6), (7) provient donc de particules pénétrantes d'une autre nature qu'ici. La position de notre maximum secondaire varie peut-être avec le spectre d'énergie des primaires, les angles définis par le détecteur, le nombre et l'énergie des particules exigées. Nous préciserons cela plus tard.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Méthode géométrique pour calculer la diffusion en arrière des particules.* Note de M. **Léopold Vigneron**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Une plaque Ilford G5, imprégnée d'un corps radioactif β, est développée puis, avec un microscope à projection, on relève les projections horizontales de N trajectoires de particules β émises dans l'émulsion dans des directions soumises au hasard.

Si N est assez grand, cet échantillonnage de N projections peut servir à calculer géométriquement la diffusion en arrière qu'on observerait si une couche infiniment mince d'atomes radioactifs était placée sur un plan vertical de trace XY (*fig.* 2) limitant, d'un côté le vide, de l'autre un écran d'émulsion d'épaisseur supérieure au parcours maximum des particules.

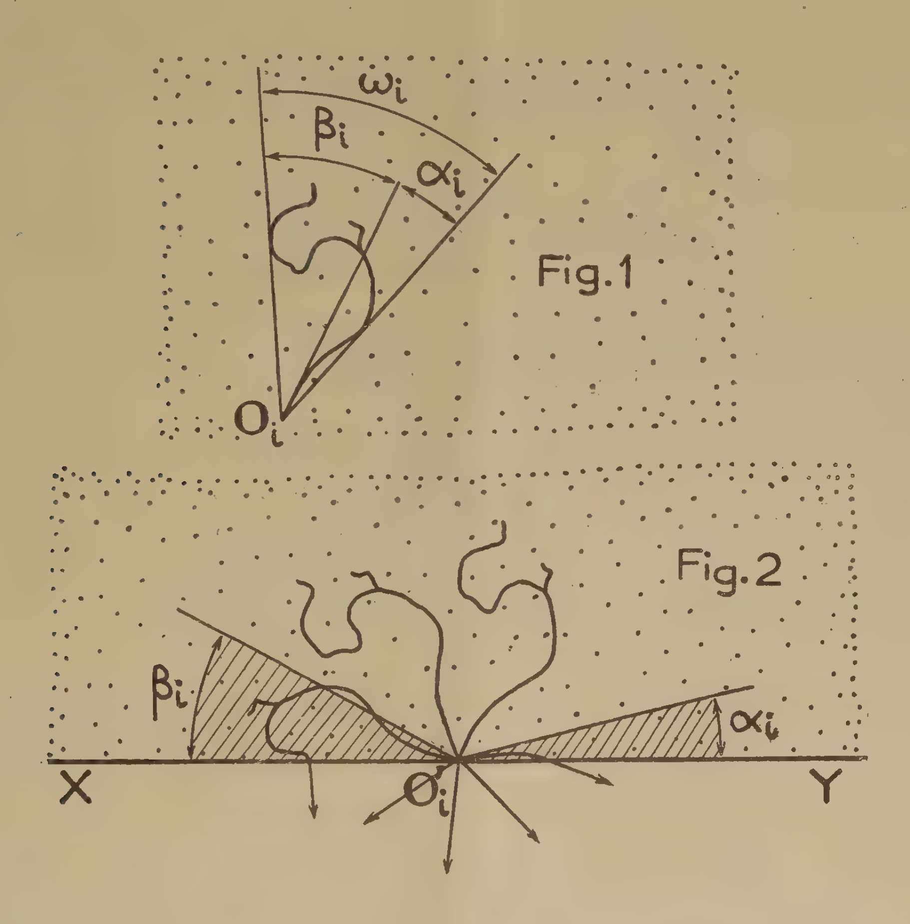
La figure 1 représente la projection de la $i^{ème}$ trace observée. La tangente à l'origine forme avec les tangentes extrêmes issues de l'origine O_i des angles α_i et β_i; les tangentes extrêmes forment entre elles un angle $\omega_i = \alpha_i + \beta_i$. Nous

(3) D. J. X. Montgomery, *Cosmic Ray Phys.*, Princeton, 1949, p. 356.
(4) W. Heitler, *Quantum Theory of Radiation*, Oxford, 1944, p. 223.
(5) W. Bothe, *Rev. Mod. Phys.*, 11, 1939, p. 283 et les références dans cet article.
(6) J. Clay, *Rev. Mod. Phys.*, 21, 1949, p. 94.
(7) T. Kameda et I. Miura, *Prog. Theo. Phys.* Japan, 5, 1950, p. 323.

associerons encore à la trace i un angle θ_i défini par la relation suivante :

$$\theta_i = \omega_i \quad \text{si} \quad \omega_i \leq \pi; \qquad \theta_i = \pi \quad \text{si} \quad \omega_i > \pi.$$

Amenons par translation la trace i à avoir son origine en O'_i sur XY (*fig.* 2). Remplaçons maintenant la trace i par P traces se déduisant d'elle par des rotations successives d'angle $2\pi/P$ autour de la verticale de trace O'_i; P étant le même nombre, faisons ces deux opérations pour toutes les N traces de l'échantillonnage.



Aucune sélection arbitraire n'est introduite, nous tirerons même un plus grand profit de l'échantillonnage initial qui est maintenant remplacé par NP traces, toutefois la précision n'augmentera pas indéfiniment car, sur ces NP traces, il n'y en a que N qui soient complètement indépendantes.

Sur la figure 2 on voit immédiatement quelles sont les traces qui, émises du côté de la matière (zone pointillée), traversent le plan XY et donnent lieu ainsi au phénomène de diffusion en arrière : en ce qui concerne les traces déduites de la trace i, cela se produit chaque fois que la direction initiale (en projection) est dans un des secteurs hachurés. Si $\omega_i = \alpha_i + \beta_i$ est supérieur

à π, ces secteurs empiètent l'un sur l'autre et il y a toujours renvoi en arrière.

On a la meilleure précision possible en faisant croître indéfiniment P; le tableau ci-dessous donne les probabilités :

	Traces déduites de i.	Ensemble des traces.
Émission dans le vide	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Arrêt dans la matière	$\frac{1}{2} - \frac{\theta i}{2\pi}$	$\frac{1}{2} - \frac{\theta}{2\pi}$
Diffusion en arrière	$\frac{\theta i}{2\pi}$	$\frac{\theta}{2\pi}$

θ désignant la valeur moyenne des angles θ_i pour les N projections relevées. *On voit que θ est lié par une relation simple à la diffusion en arrière par un écran plan d'épaisseur infinie.*

Ayant mesuré 30 traces de particules β du ThB dans l'émulsion, nous avons trouvé $\theta = 86^\circ \pm 6^\circ$ ce qui permet de calculer, le milieu diffusant étant un écran infiniment épais d'émulsion, une probabilité de diffusion en arrière égale à $0,24 \pm 0,02$.

Inversement, bien qu'on ne puisse observer une trajectoire individuelle sur toute sa longueur que si le milieu ralentissant est l'émulsion ou le gaz d'une chambre de Wilson, la mesure de la probabilité de diffusion en arrière, par exemple grâce à une technique de compteurs, permet de connaître θ pour n'importe quelle substance, par exemple Al, Cu, Pb. etc.

La méthode géométrique et les conclusions que nous en avons tirées ne dépendent pas de la nature du groupe de particules en cause : électrons monocinétiques, β d'un spectre continu, ou même particules changeant de nature au cours de leur trajectoire dans la matière.

On voit aussi que des figures très analogues à la figure 2 permettraient d'étudier la diffusion en arrière quand la couche radioactive est épaisse ou quand l'épaisseur de l'écran diffusant est inférieure au parcours maximum des particules dans la matière.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Constante d'équilibre de deux complexes cuivriques du glycocolle.* Note (*) de Mlle **Marguerite Quintin**, présentée par M. Louis Hackspill.

La constante d'équilibre du complexe contenant un groupement glycocolle pour un atome Cu a été déterminée à partir de mesures spectrophotométriques et électrométriques faites à deux pH différents, la formule de l'ion complexe correspondant est $Cu(NH_2CH_2COO)^+$. La variation de la constante du complexe contenant deux groupements glycocolle en fonction de la concentration fait supposer l'existence d'un troisième complexe.

Dans une étude spectrophotométrique des solutions SO_4Cu-glycocolle, j'ai

(*) Séance du 18 décembre 1950.

mis en évidence en appliquant la méthode des variations continues de P. Job (¹) l'existence de deux complexes. L'un, constitué par un atome Cu et une molécule de glycocolle, prédominant aux pH inférieurs à 3,0; l'autre, formé d'un atome Cu et de deux molécules de glycocolle, seul présent aux pH supérieurs à 6,2; pour les pH intermédiaires les deux complexes coexistent (²).

L'équilibre de chacun de ces complexes peut être représenté par

$$(1) \qquad Cu^{++} + nR^{\pm} \rightleftharpoons CuR_n + \gamma H^+,$$

où $R^{\pm}$ désigne l'ion mixte du glycocolle. La quantité fixée R par un atome Cu contient n ($n = 1$ ou $n = 2$) groupements NH_2CH_2COO et $(n - \gamma)$ atomes H.

L'application de la loi d'action des masses à cet équilibre donne, à force ionique constante

$$(2) \qquad \frac{(Cu^{++})(R^{\pm})^n}{(CuRn)} = k_n[H^+]^{\gamma} = k'_n,$$

où les quantités entre parenthèses représentent les concentrations, celle entre crochets l'activité; k'_n est une constante apparente dépendant du pH, qui peut être calculée si l'on détermine la concentration des divers constituants de la solution.

La concentration des ions Cu^{++} libres est déterminée à partir des mesures, à 0,1 mV près sous azote, des f. é. m. E_I et E_{II} des chaînes I et II, le pH étant ajusté à 0,02 près pour toutes les valeurs de x ($0 < x < 1$).

I amalg. Cu (2 phases) | SO_4Cu 0,02xM; SO_4K_2 0,268 M || KCl sat. Hg_2Cl_2 | Hg;

II amalg. Cu (2 phases) | SO_4Cu 0,02xM; glycocolle 0,02$(1 - x)$ M;
SO_4K_2 0,268 M || KCl sat. Hg_2Cl_2 Hg.

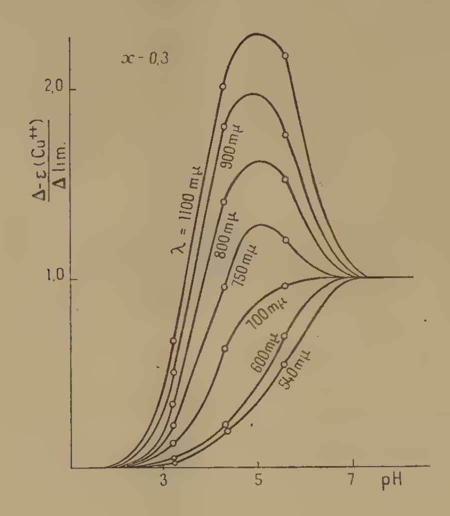
La force ionique étant la même dans les solutions I et II, la différence $E_I - E_{II}$ permet de calculer la concentration (Cu^{++}).

La concentration du complexe CuR_2, seul existant aux pH élevés, est déterminée, à partir des courbes d'absorption, par la méthode indiquée par P. Job (³) dans l'étude des complexes du cobalt. Pour cela on construit, à concentration en cuivre et en glycocolle constantes, les variations de la densité optique Δ en fonction du pH pour différentes longueurs d'onde λ. On constate que, quelle que soit la longueur d'onde, Δ tend vers une valeur limite Δ_{lim} lorsque l'acidité diminue; on peut alors calculer, pour chaque valeur de λ les variations du rapport $z = [\Delta - \varepsilon(Cu^{++})]/\Delta_{lim}$ en fonction du pH, où $\varepsilon(Cu^{++})$ est l'absorption due aux ions Cu^{++} libres. On obtient le réseau de courbes représenté figure 1.

Pour des faibles valeurs de λ, la courbe ne présente pas de maximum,

(¹) *Ann. Chim.*, (10), 9, 1928, p. 113.
(²) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1228.
(³) *Ann. Chim.*, (11), 6, 1936, p. 97.

on peut donc admettre qu'elle correspond uniquement à l'absorption du CuR_2; elle permet de calculer la teneur de la solution en ce composé [4].



Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus; les concentrations étant en millimolécules-grammes par litre :

x	0,1.	0,2.	0,3.	0,4.	0,5.	0,6.	0,7.	0,8.	0,9.
pk'_1 (pH 3,2)....	1,356	1,370	1,358	1,352	1,358	1,352	1,358	1,370	1,356
pk'_1 (pH 4,3)....	2,34	2,28	2,28	2,27	2,30	2,27	2,29	2,39	(2,49)
pk'_2 (pH 4,3)....	3,69	3,84	3,99	4,06	4,20	4,31	4,56	4,91	5,99

On voit que, à pH 3,2, pk'_1 est remarquablement constant (moy. $1,36 \pm 0,01$); à pH 4,3, la constante est un peu moins bonne (moyenne $2,30 \pm 0,03$). *L'écart existant* entre les valeurs moyennes de pk'_1, à ces deux pH permet de déterminer le facteur γ d'après (2); le calcul donne $\gamma = 0,9 \pm 0,14$.

L'équilibre du complexe 1-1 exprime donc par

$$Cu^{++} + {}^{+}NH_3 - CH_2 - COO^{-} \rightleftharpoons [Cu(NH_2CH_2COO)]^{+} + H^{+}$$

et la constante apparente de cette réaction est $pk_1 = -1,84$.

La dernière colonne du tableau ci-dessus montre que pk'_2 varie en fonction de x et d'autant plus rapidement que x est plus voisin de 1; ce qui fait supposer qu'il doit exister un troisième complexe.

---

[4] Pour les valeurs supérieures à $x = 0,3$, il y a précipitation du cuivre aux pH élevés. Δ_{lim} ne peut donc être mesuré, mais peut être calculé en remarquant que dans ces conditions seul le composé CuR_2 existe et qu'il suit la loi de Beer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence d'un processus de germination dans l'oxydation ménagée du fer aux températures élevées.* Note de MM. **Jean Bardolle** et **Jacques Bénard**, présentée par M. Albert Portevin.

Plusieurs observations antérieures ont montré à l'un de nous [1] l'influence de l'état de surface du fer sur la vitesse d'oxydation de ce métal aux températures élevées. Ceci avait prouvé que la constitution du film d'oxyde formé dans les premiers instants orientait l'évolution de l'ensemble de la réaction, sans qu'il ait été possible de préciser la nature de cette influence.

Il s'agissait tout d'abord de savoir si la réaction intéresse à l'origine l'ensemble de la surface du métal ou si elle s'amorce au contraire en des points privilégiés de celle-ci. Sous la pression atmosphérique vers 850°, la vitesse de la réaction d'oxydation est trop grande pour qu'il soit possible d'en analyser le début. Nous avons pu réaliser cette étude en opérant sous pression réduite d'oxygène par l'une quelconque des méthodes suivantes :

1° Oxydation sous azote contenant des traces d'oxygène.

2° Oxydation sous vide peu poussé (10^{-2} à 10^{-3} mm de mercure).

3° Oxydation sous vide poussé à proximité d'un oxyde ou d'un métal incomplètement désoxydé.

Les résultats qui suivent ont été obtenus soit sur du fer pur électrolytique, soit sur du fer Armco. Tous les échantillons soumis à l'oxydation avaient subi au préalable un polissage électrolytique suivi d'un chauffage prolongé sous vide excellent destiné à stabiliser leur état de cristallisation.

Après une oxydation ménagée de plusieurs heures à 850°, on constate que la surface de métal s'est recouverte de nombreux germes d'oxyde répartis à peu près uniformément sur chaque cristal (*fig.* 1). La densité superficielle de ces germes (nombre de germes par unité de surface) est très variable d'un cristal à l'autre et certains cristaux en sont déjà recouverts, alors que d'autres n'en comportent qu'un très petit nombre. Leurs dimensions moyennes sont variables d'un cristal à l'autre et généralement d'autant plus grandes que leur densité superficielle est plus faible.

Lorsqu'on examine la surface aux plus forts grossissements, on constate (*fig.* 2) que la majeure partie de ces germes présentent des contours géométriques. Les formes sont d'autant plus parfaites que l'oxydation a été plus lente et l'obtention de germes bien cristallisés est assez délicate. Lorsque la pression d'oxygène augmente, les germes tendent à devenir plus nombreux, mais leurs formes cristallines sont de moins en moins nettes.

Sur un cristal déterminé, les germes présentent un petit nombre de formes bien définies. Toutes les formes identiques possèdent la même orientation,

---

(1) J. Bénard et O. Coquelle, *Rev. Métallurg.*, 44, 1947 p. 82 ; J. Bénard et J. Talbot, *Ibid.*, 45, 1948, p. 83-85.

compte tenu du jeu des éléments de symétrie du cristal sous-jacent. Lorsqu'on passe d'un cristal à un autre, les germes de même forme présentent des changements de direction qui sont fonction de l'orientation relative de ces deux

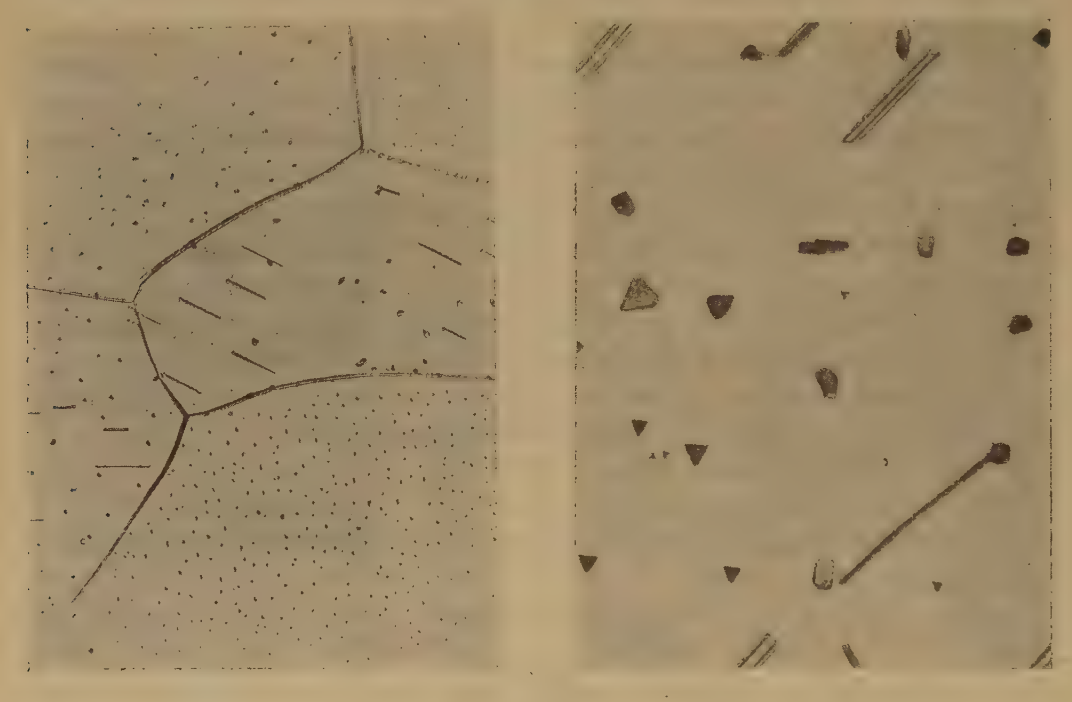


Fig. 1. × 375. Fig. 2. × 1600.

cristaux. Ceci prouve que l'orientation du réseau cristallin de l'oxyde formé dans ces conditions est en relation étroite avec celle du métal sur lequel il prend naissance.

Nous poursuivons ces essais afin de déterminer si la relation entre l'orientation du métal et son comportement à l'égard de la germination n'est pas susceptible de justifier des inégalités de la vitesse d'oxydation des différentes faces cristallines.

CHIMIE MINÉRALE. — *Les carbones graphitisables et non-graphitisables.* Note (*) de Mlle **Rosalind E. Franklin**, présentée par M. Gustave Ribaud.

On sait que certains carbones chauffés à des températures entre 2000 et 3000°C forment du graphite, tandis que d'autres n'en forment pas. Le présent travail a pour but de trouver quels sont les principaux facteurs qui déterminent la graphitisabilité d'un carbone et d'essayer, par la suite, de comprendre le mécanisme de la graphitisation.

On a étudié aux rayons X les structures des carbones de diverses origines

(*) Séance du 3 janvier 1951.

préparés entre 1000 et 3000° C. Les méthodes de mesure et d'interprétation des diagrammes sont décrites ailleurs [1], [2].

On trouve que tous les carbones contiennent de petits feuillets de structure graphitique parfaite. Ces feuillets sont groupés en petits paquets à l'intérieur desquels ils sont parallèles et uniformément écartés. On désignera par *carbones non-graphitiques* les carbones dans lesquels ces paquets de feuillets parallèles ne montrent pas d'ordre à trois dimensions. Les feuillets sont désorientés, par rapport à la structure cristalline du graphite, par une translation ou une rotation parallèle à leur plan.

Quand on chauffe *certains* carbones non-graphitiques, on observe, entre 1700° et 3000° C, une transformation progressive vers la structure du graphite. On appellera :

carbones graphitiques, les carbones qui montrent une structure intermédiaire entre la structure cristalline parfaite du graphite et la structure des carbones non-graphitiques.

carbones graphitisables, les carbones non-graphitiques qui se transforment, à haute température, en carbones graphitiques.

carbones non-graphitisables, les carbones non-graphitiques qui, chauffés à 3000° C, ne montrent aucune trace de développement homogène de la vraie structure graphitique.

Parmi les carbones préparés à 1000° C, qui sont tous *non-graphitiques*, le diamètre, L, des feuillets varie entre 12 et 20 Å et le nombre apparent M de feuillets par paquet parallèle varie de 2 à 4,5. Les carbones *non-graphitisables* sont ceux qui ont les plus petites valeurs de M.

En outre, les carbones *non-graphitisables* montrent toujours, aux rayons X, une diffusion aux petits angles très forte et très étalée. Dans les carbones *graphitisables* préparés à 1000° C la diffusion aux petits angles est facilement visible mais beaucoup plus faible et plus restreinte.

En chauffant au delà de 1000°, L et M augmentent pour tous les carbones. Mais le rapport entre L et M, ainsi que la température nécessaire pour atteindre une valeur donnée de L ou de M, varient d'un carbone à l'autre dans les limites très larges.

Dans la figure 1 les points groupés autour de la courbe supérieure représentent les carbones *non-graphitisables* (charbon de sucre, houilles riches en oxygène, résidu de la pyrolyse du chlorure de polyvinylidène). Les points expérimentaux représentent des échantillons préparés à des températures situées entre 1000° et 3000° C. L n'augmente pas au delà de 70 Å ni M au delà de 12.

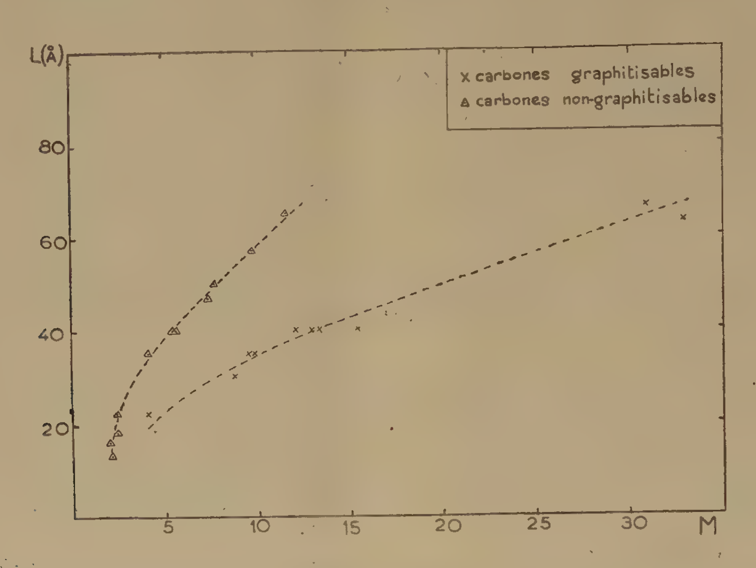
La courbe inférieure représente les carbones *graphitisables* (coke de pétrole,

---

(1) *Acta Crystallographica*, 3, 1950, p. 107.

(2) *Acta Crystallographica* (sous presse).

coke de brai, houilles cokéfiantes, résidu de la pyrolyse du chlorure de polyvinyle). Les points expérimentaux représentent des échantillons chauffés entre 1000° et 1720° seulement. A 1720° L a déjà atteint 70 Å et M est d'environ 30. A des températures plus élevées, L et M croissent rapidement et la graphitisation commence et se développe.



La grande diffusion aux petits angles des carbones non graphitisables montre que ces carbones ont une porosité fine importante. Cette porosité résulte de la formation à basse température (en dessous de 500° C) d'une structure rigide et ouverte dans laquelle de fortes liaisons latérales lient les petits paquets de feuillets entre eux et empêchent le réarrangement qui serait nécessaire pour former un carbone compact.

Les études chimiques de J. Maire (3) apportent une confirmation importante de l'existence de fortes liaisons latérales dans les carbones non graphitisables, liaisons qui empêchent les feuillets de s'écarter pour former de l'acide graphitique.

Des mesures de la diffusion aux petits angles de la série de carbones préparés par pyrolyse du chlorure de polyvinylidène entre 1000 et 3000° confirment que la non-graphitisabilité de ce carbone est liée à sa structure poreuse. On trouve que le diamètre apparent des *particules*, est partout très voisin du diamètre, L, des feuillets. Ceci montre que les particules sont probablement monocristallines, la croissance des feuillets étant limitée par les trous qui les entourent.

En résumé, pour qu'un carbone puisse former, à haute température, du graphite, il faut qu'il y ait bon contact entre les petits feuillets de structure graphitique qui se forment à basse température.

---

(3) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 61.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la vapeur d'eau sur le carbure de lanthane.* Note (*) de M. **Jacques de Villelume**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le carbure de lanthane a été préparé, comme le carbure de cérium, par Moissan (1) et ses collaborateurs. Il s'attaque par l'eau liquide en donnant des carbures acétyléniques, éthyléniques et saturés et une petite quantité de produits solides et liquides (2).

De même que nous avons fait antérieurement pour le carbure de cérium, nous avons examiné l'action de la vapeur d'eau sur le carbure de lanthane au-dessous de 500° C; l'action de la vapeur d'eau entre 600° C et 800° C a fait l'objet de quelques essais effectués par Tischenko (3).

Le carbure de lanthane a été préparé par action du carbone pur en poudre sur l'oxyde de lanthane à 2000° C en atmosphère d'hydrogène. On obtient après refroidissement, broyage et lévigation dans le xylène (pour séparer la plus grande partie du graphite), un produit ayant la composition suivante : carbone total 18,8 %, carbone combiné 13,8 %, lanthane 81 %. Ces proportions correspondent à 95 % de LaC_2 et 5 % de carbone libre.

Les résultats de l'analyse des gaz dégagés dans l'attaque par la vapeur d'eau depuis 20° C jusqu'à 500° C sont consignés dans le tableau suivant (tableau I); les pourcentages sont rapportés au poids de carbone combiné initial.

Tableau I.

Température (°C)	20.	150.	200.	300.	400.	500.
Acétyléniques (%)	13,7	13,7	13,2	12,6	10,4	9,6
Éthyléniques (%)	4,7	4,7	4,5	4,3	3,6	3,3
Saturés (%)	32	32	32	32	32	32

Les gaz formés à 200° C ont fait l'objet d'une analyse spéciale par fractionnement qui a donné la composition ci-dessous.

Tableau II.

Méthane	23
Éthane	7
Propane	1,6
Acétylène et éthylène	5
Acétyléniques et éthyléniques supérieurs	13

(*) Séance du 3 janvier 1951.

(1) *Comptes rendus*, 123, 1896, p. 148.

(2) Damiens, *Thèse*, Pharmacie, Paris, 1913.

(3) *D. R. P.*, 346065, 1921.

Il apparaît aussi des produits solides en proportions importantes; ce sont des composés fortement condensés, car ils sont infusibles et peu solubles. Ils sont mélangés à l'oxyde La_2O_3 qui se forme au cours de l'attaque.

Le carbone qu'ils contiennent représente 50 % du carbone combiné initial lorsque l'attaque est effectuée à 200° C.

Dans la masse solide formée, on a finalement 10,5 % de carbone, 83 % de La_2O_3 et de l'eau d'absorption qu'on peut éliminer en partie par séchage sous gaz inerte à 120° C (2 %).

En rapprochant ces résultats de ceux que nous avons obtenus antérieurement avec les carbures de calcium et de cérium, on constate que tous ces composés ([4]), ([5]) donnent des produits de réaction analogues, carbures saturés et non saturés gazeux et des composés solides. Le taux de produits solides diminue quand on passe de C_2Ca à C_2La et de C_2La à C_2Ce; le taux de carbures gazeux augmente dans les mêmes proportions.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Analyse spectrographique des couches métalliques superficielles obtenues par diffusion thermique du chrome dans le fer et l'acier.* Note de Mlle **Frima Malamand**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Pour l'étude expérimentale de la diffusion du chrome dans les couches obtenues par chromage thermique en phase vapeur ([1]) du fer et de l'acier, nous avons mis au point :

a. Une méthode de dosage spectrographique du chrome entre 10 et 50 % dans un alliage binaire Fe-Cr;

b. Une méthode d'analyse spectrographique superficielle combinée au polissage électrolytique permettant environ vingt dosages de Cr en profondeur sur une épaisseur totale de $0^{mm},1$.

Le dosage du chrome se faisait d'ordinaire jusqu'à des teneurs ne dépassant pas 30 %; nous avons effectué le dosage dans des alliages binaires Fe-Cr, contenant jusqu'à 50 % de Cr avec une précision satisfaisante tout en utilisant une attaque de l'étincelle de très faible pénétration; la méthode que nous avons mise au point permet l'analyse de couches minces, la matière n'étant arrachée que sur une profondeur de quelques microns seulement.

Des échantillons témoins Fe-Cr contenant environ 10, 20, 30, 40 et 50 % de Cr, obtenus par coulée, homogénéisés par traitement thermique et analysés chimiquement, sont soumis à l'analyse spectrographique en opérant un déplacement automatique de l'échantillon parallèlement à l'axe optique du spectro-

---

([4]) De Villelume, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1142.
([5]) De Villelume, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1497.

([1]) P. Galmiche, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 89-91.

graphe avec une vitesse de 0,5 mm/sec; on utilise une contre-électrode fixe en argent à section plane de 2^{mm} de diamètre. L'échantillon est déplacé afin de limiter au minimum l'attaque locale de l'étincelle. L'étincelle intéresse ainsi une plus grande surface, ce qui permet d'éviter les erreurs dues aux inhomogénéités. Enfin, la contre-électrode d'argent permet une référence supplémentaire.

L'excitation se fait par une étincelle commandée sous 10 000 V; la capacité est de $1\,500^{cm}$ et la self de 80 μH; on utilise un spectrographe QU 24 U. V. de Zeiss et des plaques rapides U. V. spectroguil; les poses sont de 20 secondes sans flambage. La distance des électrodes est de 1^{mm}, la largeur de la fente du spectrographe : 35^{μ}. Avec les teneurs en Cr comprises entre 10 et 50 %, les couples de raies photométrées : Fe II 2599,39 Å, Cr II 2677,15 Å et Ag I 3280,68 Å, Cr II 3132,05 Å donnent chacun une droite de dosage pour laquelle la pente est voisine de 45°. L'erreur quadratique moyenne calculée pour 45 analyses est de ± 2,3 % pour le couple Fe-Cr et de ± 4 % pour le couple de raies Ag-Cr, valable pour toute l'échelle des concentrations.

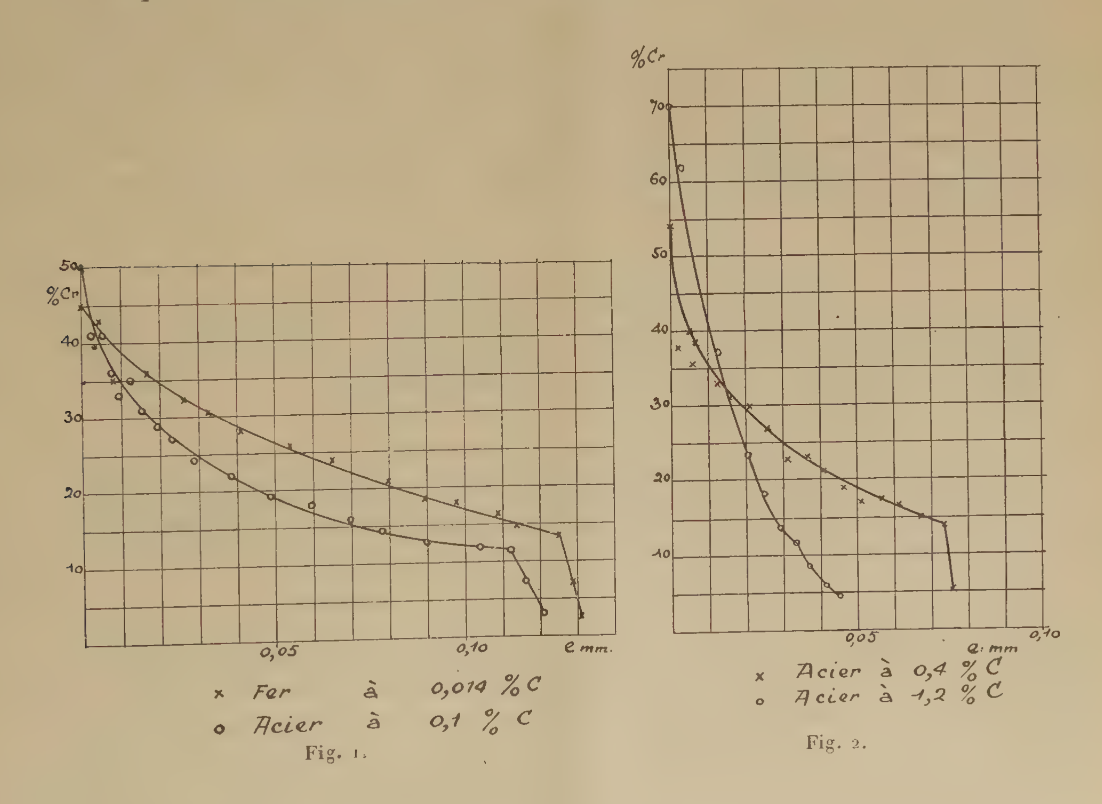


Fig. 1.

Fig. 2.

Des échantillons de fer à 0,014 % de carbone et d'aciers à 0,1, 0,4 et 1,2 % de carbone, chromisés à 1075° durant 2 heures sont soumis à l'analyse spectrale dans les conditions que nous venons de décrire pour les témoins. Entre chaque enregistrement, l'échantillon subit un polissage électrolytique à froid dans un

bain 2/3 acide acétique et 1/3 acide perchlorique, sous un courant de 20 A/dm²; l'épaisseur de la couche métallique enlevée par le polissage est calculée par la perte de poids subie par l'échantillon divisée par le produit de sa surface et de la densité, déduite de la composition. Cette épaisseur est d'environ $0^{mm},005$ après 30 secondes de polissage. Les enregistrements spectrographiques et les polissages électrolytiques sont poursuivis jusqu'à l'épuisement de la couche fer-chrome. Les courbes (1) et (2) donnent les proportions de chrome en fonction de la profondeur pour des teneurs en carbone différentes. Les courbes de la figure 1 sont tracées en se référant au couple Fe-Cr, les courbes de la figure 2 au couple Ag-Cr afin d'éviter l'effet ternaire du carbone, c'est-à-dire l'erreur que l'on fait si l'on compare sans précautions les alliages ternaires aux alliages binaires, erreur qui dans ce cas serait due à la concentration de carbure de chrome au voisinage de la surface.

Les courbes donnant les teneurs en chrome en fonction de l'épaisseur concordent avec les données théoriques de la diffusion du chrome dans les conditions techniques de la chromisation en phase vapeur (1100°) [2]. Il a été calculé deux coefficients de diffusion différents à cette température : un correspondant à la phase γ (cubique à faces centrées) 0-13 % Cr, un autre pour la phase α (cubique centrée) 13-50 % Cr. Nos courbes expérimentales montrent en effet une très nette discontinuité autour de la teneur en Cr de 13 %, limite des deux phases, et ceci à une épaisseur qui est fonction de la teneur en carbone dans des conditions de chromisation thermique bien définies. Le titre en carbone de l'acier chromisé fait également varier la teneur superficielle du chrome ainsi que la pente de la courbe correspondant à la phase α.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de quelques dérivés du cyanométhyl-3 thionaphtène et du formyl-3 thionaphtène.* Note (*) de M. **Paul Cagniant** et Mme **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

On obtient des dérivés arylidéniques par condensation, soit du cyanométhyl-3 thionaphtène avec quelques aldéhydes aromatiques ou hétérocycliques, soit des arylacétonitriles avec le formyl-3 thionaphtène. Le cyanométhyl-3 thionaphtène réagit, d'une part, avec la *p*-nitroso-diméthylaniline et, d'autre part, avec l'oxalate d'éthyle pour donner les dérivés attendus.

Le cyanométhyl-3 thionaphtène [1] se condense très rapidement, en solution alcoolique et en présence d'éthylate de sodium, avec les aldéhydes aromatiques ou hétérocycliques suivants : benzoïque, furylique, thiophénique, anisique *p*- et *o*-, pipéronylique, cinnamique, α-naphtoïque et thionaphténique-3. Nous

(2) H. Buckle, *La Recherche aéronautique*, n° 16, 1950, p. 61-62.

(*) Séance du 8 janvier 1951.

(1) F. F. Blicke et D. G. Sheets, *J. Amer. Chim. Soc.*, 70, 1948, p. 3768.

avons obtenu, respectivement, les α-(thionaphtényl-3)-acrylonitriles β-substitués (I), (II), (III), (IV), (V), (VI), (VII), (VIII) et (IX).

CN

—C=CH—R

S

(I) R = C_6H_5—.

(II) R = [thiényle]

(III) R = [thiényle]

(IV) R = —C_6H_4—OCH$_3$.

(V) R = —C_6H_4— OCH$_3$

(VI) R = [méthylènedioxyphényle] CH$_2$,

(VII) R = CH=CH—C_6H_5.

(VIII) R = α-$C_{10}H_7$,

(IX) R = Thionaphtényl-3.

Le formyl-3 thionaphtène ([2]) se condense bien avec l'α-thiénylacétonitrile, le *p*-méthoxyphénylacétonitrile et l'indanyl-5 acétonitrile, pour donner, respectivement, les β-(thionaphtényl-3) acrylonitriles α-substitués (X), (XI) et (XII)

CN

—CH=C—R

S

R = [thiényl-2] (X)

R = —C_6H_4—OCH$_3$ (XI)

R = [indanyl-5] (XII)

Avec le formyl-2 thiophène et l'indanyl-5 acétonitrile, on obtient l'α-(indanyl-5) β-(thiényl-2)-acrylonitrile (XIII).

CN —C=CH— S (XIII)

—C—CN ‖ N—C_6H_4—N(CH_3)$_2$ S (XIV)

Dans les conditions expérimentales décrites pour son isologue naphta-

---

([2]) La condensation de cet aldéhyde avec le cyanure de benzyle a été déjà décrite par l'un de nous : P. Cagniant, *Bl. Soc. Chim.*, (5), 16, 1949, p. 384 et 388.

lénique ([3]), le cyanométhyl-3 thionaphtène donne, avec la *p*-nitroso-N-diméthylaniline, l'azométhine (XIV) (*p*.N-diméthylaminoanile du cyanure de thionaphténoyle-3)

Dans le cas précédent, l'hydrolyse de (XIV) nous conduit d'emblée, avec dégagement de CNH, à l'acide thionaphtényl-3 carboxylique de Komppa ([4]), sans obtention du nitrile intermédiaire, dont l'isologue naphtalénique (cyanure d'α-naphtoyle) avait, par contre, pu être isolé ([3]). Le cyanométhyl-3 thionaphtène se condense avec l'oxalate d'éthyle, dans les conditions décrites en série thiophénique ([5]), pour donner l'ester éthylique de l'acide thionaphtényl-3 pyruvique α-cyané (XV), dont l'hydrolyse, à froid et en milieu acétosulfurique ([6]), conduit, avec un bon rendement, à l'acide thionaphtényl-3 pyruvique (XVI)

—CH—CO—CO OC$_2$H$_5$ (CN) S (XV)

—CH$_2$—CO—CO OH S (XVI)

Description des corps nouveaux obtenus ([7]). — 1° *Dérivés arylidéniques*. — Ces composés donnent tous une coloration avec SO_4H_2 concentré : (I) vert fugace, (II) violet intense, (III) vert intense, (IV) vert foncé, (V) vert olive fugace, (VI) vert foncé, (VII) vert foncé stable, (VIII) rouge groseille, (IX) mauve, (X) violet stable, (XI) vert-bleu fugace, (XII) rouge cerise peu intense. — (I). $C_{17}H_{11}NS$, F 110°, cristaux jaune pâle (alcool). — (II). $C_{15}H_9ONS$, F 91°, aiguilles soyeuses jaune pâle (alcool). — (III). $C_{15}H_9NS_2$, F 120°, aiguilles jaunes (alcool). — (IV). $C_{18}H_{13}ONS$, F 96°,5, aiguilles saumon clair (alcool). — (V). $C_{18}H_{13}ONS$, F 121°,5, aiguilles jaunes (alcool). — (VI). $C_{18}H_{11}O_2NS$, F 109°, aiguilles jaune paille (alcool). — (VII). $C_{19}H_{13}NS$, F 135°,5, aiguilles jaune clair (alcool). — (VIII). $C_{21}H_{13}NS$, F 140°, aiguilles feutrées, jaunes clair (alcool). — (IX). $C_{19}H_{11}NS_2$, F 191°, cristaux brillants jaune clair (alcool). Formyl-3 thionaphtène ([2]), 2.4-dinitrophénylhydrazone, $C_{15}H_{10}O_4N_4S$, F_{inst} 370°, poudre rouge orangé (benzène). — (X). $C_{13}H_9NS_2$, F 105°, aiguilles jaune d'or brillantes (alcool). — (XI). $C_{18}H_{13}ONS$, F 119°,5 cristaux jaune serin (alcool). Indanyl-5 acétonitrile ([8]), $C_{11}H_{11}N$, E_{20} 164°. — (XII). $C_{20}H_{15}NS$, F 145°, paillettes jaune pâle (alcool). — (XIII). $C_{16}H_{13}NS$, F 111°,5, aiguilles jaune paille (alcool).

2° (XIV). $C_{18}H_{15}N_3S$, F 155°, paillettes rouge brun (alcool). Acide thionaphtényl-3 carboxylique $C_9H_6O_2S$, F 177°, poudre incolore [Komppa ([4]) indique F 174-175°].

3° (XV). $C_{14}H_{11}O_3NS$, F 132°,5, cristaux incolores (benzène); avec Cl_3Fe, coloration vert olive stable. — (XVI). $C_{11}H_8O_3S$, F_{inst} 202°, aiguilles incolores (benzène); avec Cl_3Fe, coloration vert fugace.

([3]) Buu Hoï et P. Cagniant, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 9, 1942, p. 726.

([4]) *J. prakt. Chem.*, (2), 122, 1929, p. 322.

([5]) P. Cagniant et Mme P. Cagniant, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1150.

([6]) Mme P. Cagniant, *Thèse*, Strasbourg, 1950.

([7]) Points de fusion non corrigés; F_{inst} pris par projection sur bloc Maquenne.

([8]) H. Arnold, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 70, 1943, p. 777.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de l'*érythro *β-phénylsérine*. Note de Mme **Irène Elphimoff-Felkin** et M. **Hugh Felkin**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'*érythro* β-phénylsérine, diastéréoisomère de la phénylsérine d'Erlenmeyer, peut être aisément préparée par hydrogénation catalytique de l'α-oximino benzoylacétate d'éthyle, suivie d'hydrolyse.

La β-phénylsérine (I), qui comporte dans sa molécule deux atomes de carbone asymétriques, peut théoriquement exister sous deux formes racémiques isomères *thréo* (I *a*) et *érythro* (I *b*).

```
       H    NH₂                    H    H
       |    |                      |    |
C₆H₅—C————C—COOH            C₆H₅—C————C—COOH
       |    |                      |    |
       OH   H                      OH   NH₂
        (I a)                       (I b)
```

Il y a déjà plus de 50 ans qu'Erlenmeyer ([1]) a effectué la synthèse d'une de ces β-phénylsérines par condensation du glycocolle avec l'aldéhyde benzoïque en milieu alcalin. Dernièrement, il a été démontré ([2]), ([3]) que le composé (F 198°) obtenu par cette méthode possède la structure *thréo* (I *a*).

Erlenmeyer ([4]) d'une part, Forster et Rao ([5]) d'autre part, ont cru obtenir, par différentes méthodes, l'isomère *érythro* (I *b*). Il a été démontré par la suite ([6]), ([7]) que le composé obtenu par Forster et Rao était en réalité un des isomères de la phénylisosérine C_6H_5—$CHNH_2$—CHOH—COOH. Quant au composé (F 189°) décrit par Erlenmeyer ([4]), son existence n'a pas été confirmée ([7]), ([8]).

Nous avons effectué la synthèse de l'*érythro* β-phénylsérine (I *b*) à partir de l'α-oximino benzoylacétate d'éthyle (II). La réduction de celui-ci, en présence de platine, conduit à la formation prédominante du chlorhydrate d'*érythro* β-phénylsérinate d'éthyle (III). Il est vraisemblable que la réduction de l'oximino-ester (II) dans des conditions différentes ne conduirait pas toujours

---

([1]) Erlenmeyer et Frustück, *Liebig's Ann.*, 284, 1894, p. 36.

([2]) Billet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1074.

([3]) Vogler, *Helv. Chim. Acta*, 33, 1950, p. 2111.

([4]) Cité par Fourneau et Billeter ([7]).

([5]) *J. Chem., Soc.*, 1926, p. 1943.

([6]) Oesterlin, *Metallbörse*, 1929, cité par Fourneau et Billeter ([7]).

([7]) Fourneau et Billeter, *Bull. Soc. Chim.*, 7, 1940, p. 593.

([8]) En modifiant la technique d'Erlenmeyer ([1]), Shaw et Fox (*Abstr. Papers* 118 th A. C. S. Meeting, 1950, p. 28 N) cités d'après Vogler ([3]), ont pu isoler un deuxième amino-acide qui serait l'isomère *érythro* (I *b*).

aux mêmes proportions relatives des deux diastéréoisomères *érythro* et *thréo*. En effet, l'influence des conditions opératoires sur la formation prédominante des isomères *thréo* ou *érythro* a déjà été constatée; c'est ainsi que l'emploi de l'oxyde de platine, notamment, conduit surtout aux isomères *érythro* dans les séries de la noréphédrine et de la thréonine (allothréonine), alors que d'autres méthodes de réduction fournissent surtout les isomères *thréo* (pseudonoréphédrine et thréonine).

L'hydrolyse à froid du chlorhydrate (III), séparé de son isomère *thréo* par cristallisation, permet d'obtenir avec un bon rendement l'*érythro* β-phénylsérine (I *b*), F 260° (bloc). Cet amino-acide a été identifié par sa transformation en oxazolone (IV), identique à celle obtenue à partir de l'amino-acide *thréo*.

$$\underset{\text{(II)}}{C_6H_5-CO-\underset{\underset{N-OH}{\|}}{C}-COOC_2H_5} \rightarrow \underset{\text{(III) Prédominant.}}{C_6H_5-\underset{OH}{\overset{H}{C}}-\underset{NH_2,\,HCl}{\overset{H}{C}}-COOC_2H_5} \rightarrow (I\,b)$$

$$(I\,a) \rightarrow \underset{\text{(IV)}}{C_6H_5-CH=C\!-\!C{=}O,\ \ N{=}C(C_6H_5)-O\ \text{(cycle oxazolone)}}$$

Cette synthèse du second isomère racémique de la β-phénylsérine nous a permis de comparer les propriétés de ces deux amino-acides. Ils sont tous les deux décomposés par ébullition en milieu aqueux alcalin et même neutre avec formation d'aldéhyde benzoïque. D'une façon générale, comme dans la série de la nor-éphédrine, les dérivés de l'amino-acide *érythro* sont moins stables que leurs isomères *thréo*.

Partie expérimentale. — $2^g,2$ d'α-oximino benzoylacétate d'éthyle (II) [9] sont hydrogénés en présence de PtO_2 en milieu acétochlorhydrique à la température ordinaire. Le *chlorhydrate* d'*érythro* β-phénylsérinate d'éthyle (III), $C_{11}H_{15}O_3N$, HCl, précipite partiellement; il est purifié par cristallisation dans l'alcool et fond à 186° (bloc). L'érythro β-*phénylsérinate d'éthyle*, $C_{11}H_{15}O_3N$, libéré de son chlorhydrate par une solution de K_2CO_3, fond à 81-83°; il se décompose à la longue avec formation d'aldéhyde benzoïque.

L'hydrolyse du chlorhydrate (III) par 2^{mol} de potasse alcoolique à froid fournit l'érythro β-*phénylsérine* (I *b*), $C_9H_{11}O_3N$, F 260° (bloc) après cristallisation dans l'alcool dilué. *Chlorhydrate*, $C_9H_{11}O_3N$, HCl, F 212° (bloc).

L'amino-acide (I *b*), traité par un excès de chlorure de benzoyle à chaud, fournit l'oxazolone (IV), F 164° (bloc) [4], [10].

---

[9] WAHL, *Bull. Soc. Chim.*, **1**, 1907, p. 461.

[10] ROSENMUND et DORNSAFT, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, **52**, 1919, p. 1734.

Traité à ébullition par un excès d'anhydride acétique en présence d'acétate de sodium, le chlorhydrate (III) fournit le O, N-*diacétyl* érythro *β-phénylsérinate d'éthyle*, $C_{15}H_{19}O_5N$, F 126-127°. Le *dérivé* O, N-*dibenzoylé* correspondant, $C_{25}H_{23}O_5N$, fond à 167-168°.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude du Carbonifère des bassins houillers du Sud-Oranais (Bassins de Colomb-Béchar-Kénadza-Abadla-Sfaïa)*. Note de M. **Paul Deleau**, présentée par M. Paul Fallot.

Deux faits nouveaux peuvent être signalés dans le Namurien et le Westphalien de Colomb-Béchar et de Kénadza : une couche de charbon avec toit à *Anthracomya* se situe au milieu du Namurien marin, très bas dans la série stratigraphique; la faune d'Aegir qui caractérise en Europe des niveaux du Westphalien supérieur, apparaît ici immédiatement au-dessus du Namurien terminal.

Le tracé des contours de la carte géologique des bassins houillers du Sud-Oranais (bassins de Colomb-Béchar-Kénadza et d'Abadla-Sfaïa) [1] nous a permis de découvrir une intéressante et riche faune du Namurien supérieur : Goniatites, Brachiopodes, Lamellibranches et Encrines. La position géographique du Namurien supérieur dans notre région est maintenant précisée et nous pouvons signaler deux faits nouveaux :

1° L'existence entre le Namurien supérieur et le Namurien inférieur, tous deux entièrement marins, d'une couche de charbon avec mur de végétation et toit de marnes fines à *Anthracomya* sp. qui indique une émersion certaine. Cette couche se situe sous la zone à *Reticuloceras reticulatum*. Un niveau fossilifère au toit des marnes à *Anthracomya* sp. a fourni des *Homoceras* et *Anthracoceras paucilobum* de la partie élevée du Namurien inférieur.

2° Immédiatement au-dessus des assises à *Reticuloceras reticulatum*, *Reticuloceras bilingue*, *Gastrioceras cancellatum*, d'une épaisseur de 700^{m} environ, vient un premier niveau à *Anthracoceras ægiranum-hindi*. Ce niveau est surmonté par 1000^{m} de sédiments marins, alternance de grès et de marnes schisteuses où s'intercalent des calcaires marneux conglomératiques renfermant, du haut en bas, *Anthracoceras ægiranum*, *Anthracoceras hindi*, *Eoparalegoceras clariondi*, des Nautiles : *Paradomatoceras applatum*, *P. costatum*, *Ephippioceras clitellarium*. *Metacoceras costatum*. Cette faune caractérise en Europe le niveau d'Aegir, limite entre le Westphalien inférieur et le Westphalien supérieur. Dans le Sud-Oranais, le Westphalien inférieur existe avec certitude, la série est continue et parfaitement concordante du Viséen au Namurien terminal, mais ici, la base du Westphalien ne présente pas les

(1) Paul Deleau, *Les Bassins carbonifères du Sud-Oranais*. I : *Stratigraphie* (*Bull. S. G. F.*, 5e série, 15, 1945, p. 625-632); II : *Tectonique* (*Bull. S. G. F.*, 5e série, 16, 1946, p. 1-10).

mêmes caractéristiques fauniques qu'en Europe occidentale. Nous appelons provisoirement *Kénadzien*, les 1000^{m} de sédiments marins superposés au Namurien à *Reticuloceras reticulatum* et caractérisés par la faune du niveau d'Aegir, en particulier par *Anthracoceras ægiranum-hindi*. Les 600 premiers mètres de ce Kénadzien pourraient correspondre plus ou moins au Westphalien inférieur d'Europe; ils renferment en effet, avec la faune du niveau d'Aegir, des Gastriocératidés en particulier *Gastrioceras cumbriense* (2).

Au-dessus du Westphalien marin à *Anthracoceras ægiranum-hindi* (Kénadzien) vient un Westphalien supérieur C d'abord semi-continental : 700^{m}, avec trois incursions marines, puis entièrement continental : 350^{m}. Il est surmonté d'un Westphalien D (4 à 500^{m}) qui supporte, toujours en concordance, 1000 à 1200^{m} d'une alternance de grès rouges et de marnes rouges que nous attribuons pour le moment au Stéphanien inférieur.

Le Westphalien C continental est caractérisé par *Neuropteris tenuifolia*, *Anthracomya wardi*, *Anthraconauta philippsi*. Le Westphalien D renferme des Pécoptéridés et déjà la faune d'eau douce connue seulement dans le Stéphanien inférieur d'Europe (Sarre) : *Anthracomya prolifera*, *Estheria limbata*, *Candona elongata*, faune qui se trouve également plus haut dans les couches rouges que nous attribuons au Stéphanien inférieur.

GÉOLOGIE. — *Les rapports de la Chaîne Numidique avec les Babors.* Note de M. **Michel Durand Delga**, présentée par M. Paul Fallot.

On a coutume de distinguer, dans le Nord de l'Algérie, une *Chaîne Calcaire* (1) : couverture méridionale, énergiquement plissée et fracturée, des Massifs anciens kabyles. La série secondaire (surtout liasique), peu épaisse et à caractères souvent néritiques, comporterait de nombreuses lacunes. Plus au Sud, les *Chaînes Telliennes*, aux plis moins violents, sans Paléozoïque visible, s'opposeraient à la Chaîne Calcaire par leur série secondaire (surtout crétacée) très épaisse, à caractères fréquemment bathyaux, pratiquement complète. Au Sud du Massif ancien de Grande Kabylie, la Chaîne Calcaire est représentée par le Djurdjura. Au Sud de la Petite Kabylie, elle le serait par la Chaîne Numidique. Entre ces deux régions, à la faveur de *l'ensellement bougiote*, se

---

(2) En 1937, Mgr Delépine et M. H. Termier ont recueilli dans un des niveaux du Namurien supérieur (crêtes 15-16) : *Reticuloceras reticulatum*, *Gastrioceras cancellatum* et dans un niveau de notre Kénadzien inférieur : *Gastrioceras cumbriense*, *Proshumardites primus*.

G. Delépine, *Les Goniatites carbonifères du Maroc et des confins algéro-marocains*. Mémoires n° 56, *Serv. Géol. Maroc*, 1941.

(1) L. Glangeaud, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2, n° 10, 1934.

déploient les chaînons des Babors appartenant, eux, sans conteste, au domaine tellien.

La présente Note envisagera, seule, l'extrémité orientale des Babors, à l'Est du méridien de Djidjelli, et, 30^{km} à l'Est de ce dernier, la partie occidentale de la Chaîne Numidique.

Au point de vue paléogéographique, la série jurassique et crétacée de ces régions, souvent de faciès profond, est épaisse et continue, sauf dans les zones localisées où des mouvements orogéniques précoces ont provoqué les ablations dont il sera parlé plus loin.

Le complexe gypsifère du Trias règne près du Sidi-Mansour (Babor le plus oriental) et s'enrichit en grès vers l'Est, autour du Sidi-Marouf. Le Jurassique, surtout calcaire, est complet en certains points de la Chaîne Numidique : le Malm y repose en continuité sur le Dogger. Le Crétacé inférieur est transgressif par des marnes à Ammonites néocomiennes; sa transgressivité s'accuse à l'Albo-Aptien par un Flysch gréseux très épais. Le Sénonien est à son tour transgressif, à l'état de schistes calcareux. Le Paléocène, sous le même faciès à la base, montre, plus haut, des calcaires lités, à silex.

Au point de vue structural, les mêmes phases tectoniques ont joué, de façon identique, dans l'Est des Babors et dans la Chaîne Numidique.

La plus ancienne se place au début du Néocomien. Je l'ai déjà signalée dans l'Ouest de la Chaîne Numidique, où son importance est notable (anticlinal de l'oued Itera). Les dépôts néocomiens manquant plus à l'Ouest, on ne peut y suivre les manifestations de cette phase orogénique, par ailleurs connue dans l'ensemble des Babors ([2]).

La deuxième phase, datant du Sénonien inférieur, est beaucoup plus considérable. Dans l'Ouest de la Chaîne Numidique, on observe des conglomérats à divers niveaux du Sénonien. Très massifs à la base de cet étage, ils soulignent sa discordance angulaire accusée sur tous les termes du Jurassique et sur le Trias (Kalaa-et-Touma). De vrais plis sont attribuables à cette phase (Kef Dardja). Le Babor le plus oriental (Sidi-Mansour) montre aussi des synclinaux très aigus sous la carapace discordante de puissants poudingues sénoniens.

De ces phases crétacées sont nées des rides anticlinales Est-Ouest, qui, comme plus à l'Ouest, ont dû jouer en cordillères dans les mers crétacées.

La dernière phase, tertiaire, a donné à ces régions leur aspect actuel. Dans l'Ouest de la Chaîne Numidique, mis à part les chaînons septentrionaux, écaillés sous le charriage du Massif ancien, les chaînons plus méridionaux offrent, comme dans l'Est des Babors, une grande variété de plis : anticlinaux droits (Oued Itera; Sidi-Mansour) ou déversés (Sidi-Marouf). Ailleurs le Trias-diapir joue un rôle important : entraînant des dalles de calcaires jurassiques (Sidi-Oussaf; Dardja), s'extravasant en bordure d'anticlinaux réduits à un

---

([2]) F. Ehrmann, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2, Tr. Coll., Fasc, 1, 1924.

seul flanc (flanc sud dans le Marouf, flanc nord dans le Kalaa-et-Touma) où il conserve par ailleurs latéralement sa place stratigraphique normale, provoquant parfois de vraies extrusions de calcaires jurassiques au sein du Crétacé.

Cette phase est d'âge post-oligocène. Dans la Chaîne Numidique, son âge n'est contrôlable qu'au Sud du Dardja. A l'extrémité orientale des Babors par contre, la date du mouvement est mieux définie : ainsi, au Nord immédiat du Sidi-Mansour, un synclinal de grès *numidiens* (Oligocène) est pincé et déjeté vers le Nord. Le caractère des plis formés lors de cette phase tertiaire réside dans les inflexions axiales très brusques, aux extrémités des chaînons, encore Est-Ouest. Il peut en résulter des déversements périphériques des noyaux calcaires jurassiques sur les flancs crétacés schisteux (Sidi-Marouf).

Ainsi du point de vue paléogéographique et structural, il y a *identité entre l'extrémité orientale des Babors et l'Ouest de la Chaîne Numidique*. Un fait concrétise la liaison des deux domaines. C'est l'existence entre le Sidi-Mansour, dernier Babor, et le Dardja, premier chaînon numidique, d'une bande de Trias diapir, longue de 30km. Ignorée jusqu'à ce jour, elle correspond à une ride ancienne : le Crétacé dans lequel elle est injectée montre fréquemment, à son voisinage, des galets de Jurassique et de Trias. Ce diapir ancien a rejoué au Tertiaire; dans la zone du col de Fédoulès, le rejeu est post-oligocène.

Conclusions. — Le Djurdjura, Chaîne Calcaire, représente d'après les auteurs la couverture sédimentaire du bord méridional du Massif ancien de Grande Kabylie, ployée avec lui vers le Sud. Au contraire, la Chaîne Numidique (au moins pour son tiers occidental) prolonge les Babors; comme eux, elle a les caractères des Chaînes Telliennes : elle se range dans l'avant-pays autochtone, sur lequel chevauche directement le matériel paléozoïque de Petite Kabylie.

L'unité définie sous le nom de *Chaîne Calcaire* à la lisière Sud des Massifs Kabyles, sur 480km d'Ouest en Est, ne présente donc pas la continuité qu'on lui prête. Les éléments qui lui sont rapportés, au Sud-Ouest du Massif de Petite Kabylie, appartiennent en réalité à la *Zone Tellienne*. De la sorte, cette dernière se trouve, sur 100km de front, au contact direct du massif ancien.

GÉOLOGIE. — *Remarques sur le Numidien de la région de Tigzirt (Algérie).* Note de M. **Pierre Muraour**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dans l'angle NE de la carte géologique au 50 000e de Dellys-Tizi Ouzou, E. Ficheur et J. Savornin ont distingué, d'après le faciès, deux ensembles : des argiles et grès numidiens (e_a^3 et e_b^3) et des argiles et quarzites maëstrichtiens (c^9). A la suite de la découverte [1] de foraminifères, A. Lambert

[1] A. Lambert et P. Marie, *C. R. S. S. Géol. France*, 1948, p. 124-125.

et P. Marie confirmèrent la présence du Sénonien et pensèrent pouvoir diviser cet horizon en Santonien (flysch), Campanien inférieur (marnes et marno-calcaires), Campanien supérieur (flysch). Les études que nous poursuivons nous permettent d'apporter les précisions suivantes qui modifient les contours antérieurs.

1. Aux environs de Tigzirt affleure une formation argileuse dont on peut aisément observer de bonnes coupes dans la zone côtière. Il s'agit d'argiles schisteuses, de couleur gris foncé, qui admettent en intercalation des bancs légèrement marneux et des grès calcaires friables. Le litage de cette formation, toujours bien visible, par exemple au port de Tigzirt, souligne un plissement accusé. Les auteurs de la feuille Dellys-Tizi Ouzou avaient, malgré l'absence de fossiles, rapporté ces sédiments au Numidien (²). Remarquons que le faciès des argiles de Tigzirt est sensiblement différent de celui des terrains numidiens, à Nummulites et Lépidocyclines, de Rébeval. Ces derniers comprennent, en effet, des argiles et marnes schisteuses de teintes variées (rouge sombre, lie de vin, vert foncé et surtout gris noir) dans lesquelles s'intercalent des petits bancs de quartzite, de grès, de microbrèches ou de marnes blanches à traces de fucoïdes, et des lentilles de grès quartziteux d'épaisseur souvent importante.

On retrouve, au Sud du village de Maïache, un affleurement d'argiles, marnes et grès, semblable à celui que nous venons de décrire près de Tigzirt. E. Ficheur et J. Savornin l'ont attribué au Maestrichtien, mais sans preuves paléontologiques. Le substratum de ces formations n'étant visible en aucun point, il est très difficile de préciser leur épaisseur, mais celle-ci paraît être de l'ordre de 300 à 400^{m}.

Nous avons eu la bonne fortune de récolter dans ces terrains quelques coquilles et une assez abondante microfaune (³). Les grès calcareux des sédiments de Tigzirt et de Maïache contiennent de nombreux foraminifères, dont *Globotruncana Linnei* d'Orb. De plus, une intercalation marneuse de l'affleurement de Maïache nous a fourni : *Globotruncana Stuarti* de Lap. et *Globigerina cretacea* d'Orb. Dans un second gisement, que nous a signalé M. A. Barbier, situé aux points : X 624,2 et Y 399,3, c'est-à-dire au Sud-Ouest de la maison cantonnière qui se trouve à 3^{km} environ de Tigzirt, sur la route de Dellys, nous avons prélevé quelques débris de tests et un moule externe d'*Orthoceramus* cf. *Lamarki* Park. Au même point, nous avons observé un petit banc de calcaire détritique à *Dictyoconus* et des grès à foraminifères parmi lesquels nous avons reconnu : *Gümbelina* sp., *Palmula rugosa* d'Orb., *Globorotalia Linnei* d'Orb.

(²) Étage « E » de Ficheur (Nummulitique supérieur) = Étage Priabono-oligocène de J. Flandrin.

(³) Seuls les foraminifères ayant un intérêt stratigraphique sont cités.

2. Lorsque l'on va de Tigzirt vers Agouni Gourhane (route Tigzirt-Tizi Ouzou), on traverse pendant une dizaine de kilomètres (mis à part l'affleurement de Maïache) des schistes parfois argileux, d'un gris bleuté, qui renferment localement des bancs plus ou moins épais de marnes. Ces schistes sont assez durs, mais, sous le marteau, ils se délitent en plaquettes grossièrement parallélépipédiques. Souvent ils renferment de gros nodules de marcassite. Cet ensemble offre une stratification toujours nette qui met en évidence un plissement assez intense. Son épaisseur peut être estimée à environ 300^{m}.

Un banc marneux jaunâtre, contenu dans les schistes et qui affleure le long de la route Tigzirt-Tizi Ouzou, au point de coordonnées : X 626,8 et Y 997,9, nous a permis de recueillir quelques fragments d'*Inocérames* que nous pensons pouvoir attribuer à *Boehmiceramus* cf. *regularis* d'Orb., ainsi que de nombreux *Globotruncana*.

Argiles et schistes sont surmontés par une assise de grès quartziteux (e^3), à patine brune sur les surfaces d'altération, mais beige clair en cassure fraîche. Bien qu'ils n'aient jamais fourni de fossiles dans cette région, on peut conserver leur attribution au Numidien par comparaison avec les formations datées de la région de Rébeval.

Conclusion. — Comme le laissaient prévoir les différences lithologiques observées entre les argiles priabono-oligocènes et les argiles et schistes de Tigzirt, la récolte de fossiles crétacés, *non remaniés*, dans ce dernier ensemble nous interdit de maintenir ces formations dans le Nummulitique supérieur. En effet, la répartition verticale des formes précédemment citées, indique un *âge crétacé supérieur et très probablement Sénonien*. Toutefois les argiles et les schistes de la région de Tigzirt doivent être d'âges légèrement différents, bien qu'appartenant tous les deux au Crétacé supérieur; malheureusement, ni la paléontologie, ni l'observation sur le terrain ne nous a permis de conclure avec certitude quant à leur situation respective. Cependant la position stratigraphique des schistes placés immédiatement sous le Numidien [*cf.* Tifiléout [4]] nous incitent à penser qu'ils représentent des couches plus récentes que les argiles.

MORPHOLOGIE. — *Formes de solifluxion et sol polygonal dans le massif granitique du Lampy (Montagne Noire occidentale).* Note de M. **Georges Baeckeroot**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Sur le versant méridional de la Montagne Noire, des indices morphologiques d'un climat froid et humide, du type périglaciaire, s'observent, non seulement

(4) Nous avons trouvé dans ce Numidien des calcaires à Nummulites, qui feront l'objet d'une publication ultérieure.

dans la zone schisteuse de la cuvette d'Arfons [1], mais aussi, plus au Sud, dans le massif granitique du Lampy. Le paysage y est caractérisé par une topographie molle de mamelons séparés par des fonds plats et tourbeux. L'enfouissement des formes générales sous un épais manteau d'arène leur donne cet aspect sénile qu'accentuent encore des formes de détail dues à la remise en mouvement de l'arène par écoulement boueux, suivant un processus aujourd'hui éteint. Ces faits s'observent nettement dans la région des sources du Lampy.

Là se trouve, à 2^{km} au Sud d'Arfons (carte d'É.-M. au 80 000e, n° 231, Castres SO), sur les pentes Sud-Est d'un mamelon de granite (cote 715), un bosquet de grands hêtres abritant une métairie justement dénommée : *le Fajal*. Dans la hêtraie même, un amas de gros blocs de granite crée un paysage rappelant certains aspects du Sidobre. Un chemin en descend, tout encombré de blocailles et de gros blocs redressés, tant de schistes que de granite, car on est là exactement sur le contact du massif granitique et de son auréole schisteuse. En contre-bas s'étend une dépression ovalaire dont le grand axe mesure 320^m environ. Son pourtour est cerné par une double rangée de hêtres, restes évidents du défrichement qui a créé là une grande clairière occupée maintenant par de beaux pâturages [2].

La dépression ovalaire du Fajal appartient, de par sa position, au versant méditerranéen; elle est cependant drainée vers l'Atlantique par un ruisselet issu de la partie supérieure de la prairie et qui, se dirigeant vers l'Ouest, est tributaire du Sor, très encaissé dans cette partie de son cours, proche du coude de capture. La dépression du Fajal se présente ainsi comme une forme de maturité suspendue au-dessus d'un ravin profondément creusé par l'érosion rajeunie et conquérante du Sor.

La prairie du Fajal présente les bosses et toutes les formes incohérentes des sols fluents d'où pointent de gros blocs de granite, basculés vers l'amont, déchaussés et mis en évidence par le travail de déblaiement du ruisselet médian. L'épaisseur de la masse d'arène remaniée est très grande en cet endroit, et il semble qu'elle ait comblé, par solifluxion, une niche de nivation; bien que la forme de van ne soit pas aussi nette que pour les niches du Col des Escudiés, on doit remarquer que l'orientation est la même dans les deux cas, comme aussi la position sous le vent neigeux du Nord-Ouest.

Il faut écarter toute explication de la solifluxion de l'arène de l'ovale du Fajal par une simple imprégnation aqueuse sous un climat humide tel que le nôtre,

---

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 90.

(2) La Carte d'É. M. est insuffisante pour représenter les traits de ce paysage. Ils apparaissent, par contre, très nettement sur les photos aériennes de l'I. G. N. : Mission Revel-Mazamet-Saint-Pons n° 183 et 184, 276 et 277. (Échelle approximative : 1/22 350).

ne serait-ce que parce que tous les blocs, aussi bien que les plus petits fragments rocheux, qu'ils soient de granite, de schistes ou de quartz filonien, portent des éclats et des fentes de gel.

Mais l'argument principal en faveur de l'action d'un paléo-climat froid et humide est fourni par les traces particulièrement nettes de *cryoturbation* sur les mamelons voisins de la dépression du Fajal. Si l'on gravit celui qui la borde immédiatement au Sud, on voit, au travers d'une dense végétation de lande à fougères et à ajoncs : sur les pentes, des coulées de blocs de granite et les innombrables fragments gélivés d'un gros filon de quartz laiteux complètement ruiné; sur la surface supérieure du mamelon, faiblement convexe ou même plan, un *sol polygonal* dont quelques éléments sont particulièrement bien conservés. Ceux-ci, de forme presque circulaire, ont un diamètre d'environ 80^{cm}. Toutes les pierres du pourtour sont redressées, presque à la verticale, et portent des éclats de gel. Au centre, une terre fine, demeurée plus humide même à la fin d'un été sec, porte une touffe très verte d'un ajonc nain, alors que les fougères latérales sont desséchées. Tout autour des polygones pierreux, de nombreuses touffes vertes d'ajonc sont régulièrement réparties; chacune d'elles occupe le centre d'une zone circulaire dépourvue de végétation où une terre brune cache un alignement de pierres dressées. L'ensemble donne bien l'image d'un sol à figures géométriques tel qu'on en a décrit dans les régions sub-polaires et aux hautes altitudes de nos montagnes alpines.

Conclusions. — 1. Près de la métairie du Fajal, dans le massif granitique du Lampy (versant Sud de la Montagne Noire occidentale), des mamelons revêtus d'un manteau d'arène à blocailles gélivées, portent un sol polygonal bien constitué, passant, sur les pentes, à un sol strié et à des coulées pierreuses : autant de témoins d'une cryoturbation intense telle qu'on n'en connaissait jusqu'à présent, dans des formations analogues, en France, que dans le Massif armoricain (A. Guilcher).

2. Ces preuves certaines d'un climat périglaciaire quaternaire permettent de lever l'indétermination qui subsistait sur l'origine des coulées de solifluxion dans le Massif du Lampy. Ces faits sont à rapprocher de ceux que nous avons signalés dans la région schisteuse de la cuvette d'Arfons.

3. L'annexion au domaine atlantique de la cuvette du Fajal, que remblaie une masse de solifluxion mise en place au Quaternaire, fournit un repère pour dater les phases les plus récentes de l'évolution du Sor.

4. Les observations faites dans le Massif granitique du Lampy nous donneront des termes de comparaison pour interpréter certaines formes du relief du Sidobre de Castres.

TECTONIQUE. — *Sur la tectonique du granite de Flamanville (Manche).* Note (*) de M. **Norman Roy Martin**, présentée par M. Charles Jacob.

Étude des éléments structuraux du massif de Flamanville et des roches dévoniennes encaissantes d'après les techniques de H. Cloos, Balk, etc. en vue de préciser le mode de mise en place du granite et des filons.

Le granite de Flamanville a été décrit par A. Michel-Lévy et A. Leclère, et plus récemment par A. Bigot, M[me] E. Jérémine, R. Perrin et M. Roubault. J'en ai entrepris l'étude tectonique qui n'avait pas encore été faite. Une carte détaillée a été établie pour montrer l'orientation des minéraux et des enclaves dans le granite, le plissement et la foliation dans les cornéennes, le système des cassures et les filons et dykes associés. Plus de 4000 observations ont été faites avec la boussole. Les faits les plus importants sont mentionnés ci-dessous :

L'orientation des minéraux dans le granite est bien visible et détermine une direction de *rift*, la plus facile pour fendre la roche. Les plaques de mica et l'axe le plus long des cristaux de hornblende sont situés dans un même plan, ce qui donne à la roche une *planar structure*. Il n'y a pas de structure linéaire dans la roche car les axes les plus longs des prismes sont situés au hasard dans ce plan. Les deux feldspaths de la roche, orthose et plagioclase, se présentent en phénocristaux qui tendent à suivre cette orientation, mais moins nettement que les minéraux foncés. Presque toutes les enclaves ont leurs deux axes majeurs situés dans le même plan que les minéraux. Dans certains cas la stratification originelle des enclaves forme un angle avec la *planar structure* du granite. Ceci est très important au point de vue du mode de mise en place du granite. La *planar structure* dans le massif, dont le contour est elliptique, est parallèle au bord sur toute sa longueur et plonge en pente rapide vers le centre du massif.

Les plissements, en particulier dans le Dévonien, sont très intenses. La zone axiale Est-Ouest du synclinal a été comprimée et replissée. Elle est devenue subparallèle au contact du granite au Nord, au Sud et à l'Ouest. Les assises ont été écartées pour faire place au granite. Dans la zone proche du granite les minéraux nouveaux tendent à s'orienter parallèlement au contact du granite. Plus loin, là où le métamorphisme est moindre, on observe une fragmentation et une schistosité intenses qui sont évidemment aussi en rapport avec le mode de mise en place du granite.

Le granite montre nettement plusieurs *systèmes de cassures* en rapport constant avec l'orientation des minéraux :

Système A : cassures parallèles à la *planar structure* du granite.

Système B-C : cassures à angle droit avec la *planar structure*. On les trouve ordinairement par paires, plongeant entre 30 et 90° de part et d'autre de la verticale.

Il existe deux autres systèmes D et E moins importants.

Des déplacements atteignant jusqu'à 25[cm] ont été observés, dans le sytème A seulement. Dans beaucoup de cas on reconnaît que les cassures datent d'un stade ancien de la mise en place.

(*) Séance du 8 janvier 1951.

Les systèmes de cassures B-C, D, E, pénètrent dans les cornéennes voisines et le système B-C forme les limites des apophyses du granite dans la majorité des cas.

Dans les roches encaissantes les systèmes de cassures sont moins réguliers; les plus importants sont :

Sytème F : cassures parallèles à la stratification originelle.

Système G : Schistosité parallèle à la foliation imposée par le métamorphisme sur les roches.

Système H : cassures généralement groupées par paires, formant des angles allant jusqu'à 45°, avec la direction des strates et montrant une variation considérable de l'angle de plongement.

Les *filonnets* d'aplite, de pegmatite et de microgranite, de même composition que le granite, tendent à suivre la direction des cassures B-C, mais recoupent souvent dans tous les sens les granites et les cornéennes. Ils sont très importants parce qu'ils montrent une *planar structure* parallèle à celle déjà trouvée dans le granite et à angle droit avec les parois du filonnet. Ils contiennent aussi ce qui paraît être des *fantômes* d'enclaves. Il est possible d'observer l'association complète suivante : granite → microgranite → aplite → pegmatite, dans ces filonnets qui, en beaucoup de cas, sont étroitement soudés aux épontes. Ces filonnets sont déplacés par les cassures A.

Des *filons* plus récents de rhyolite-microgranite coupent le granite et les cornéennes. Ils montrent une *planar structure* parallèle à leurs parois, et un système de cassures nettement différent de celui du granite. Ces filons tendent à suivre les cassures B-C du côté Nord-Ouest du massif où ils sont situés le plus souvent.

Les conclusions principales de cette étude sont :

1. La *planar structure* dans le granite est une structure fluidale primaire.

2. Les cassures sont en rapport direct avec la structure fluidale et le mouvement dans les roches encaissantes. Elles ont été formées pendant que le granite était encore plastique.

3. Le granite a été mis en place en partie par écartement des roches, en partie par *stoping* et dans l'état d'un fluide visqueux.

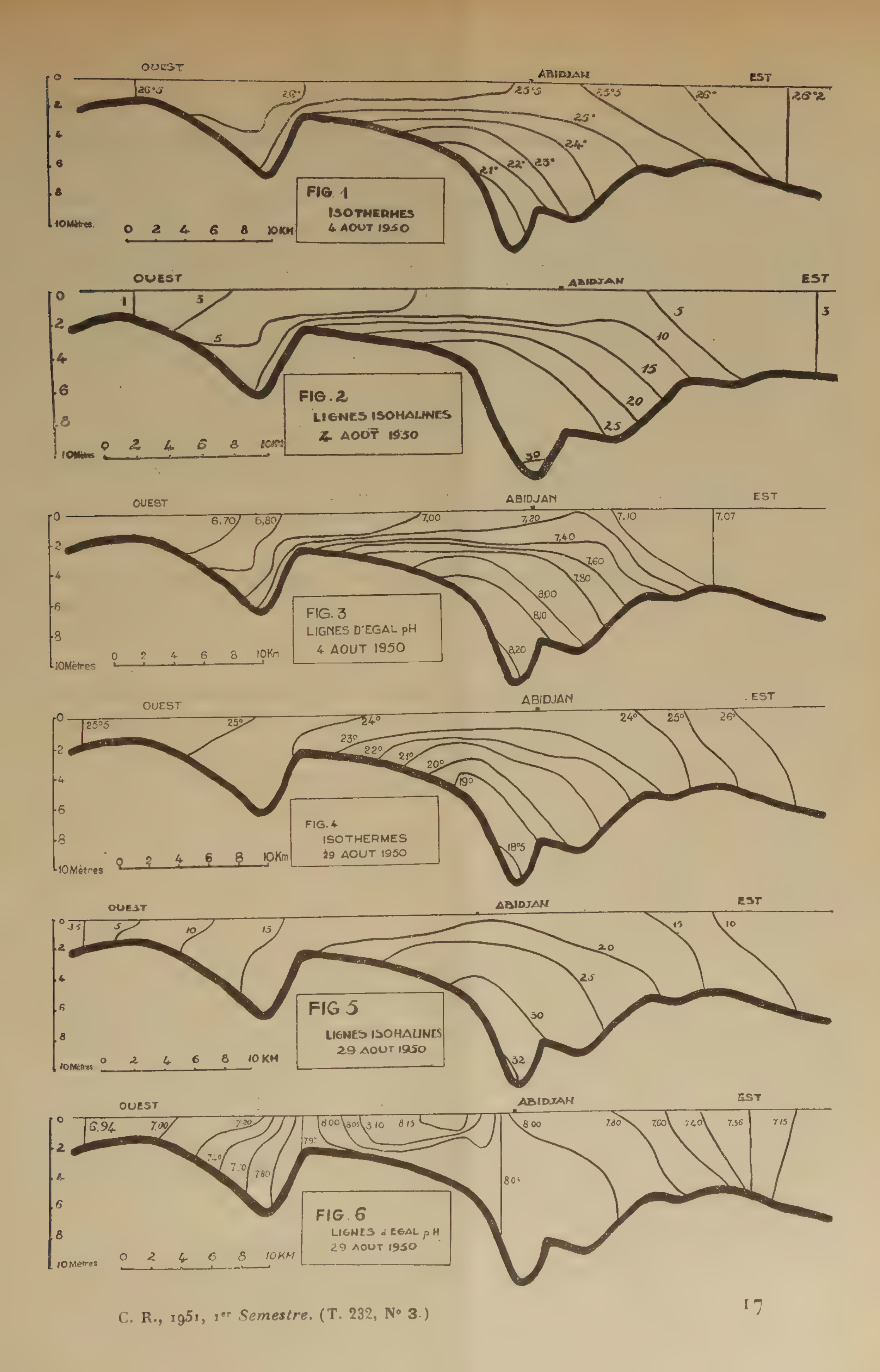
4. On distingue deux phases de plissements : pendant la première, postérieure au Dévonien inférieur, les couches ont été orientées Est, Nord-Est-Ouest, Sud-Ouest, tandis que pendant la deuxième (sudétienne ?), l'intrusion granitique a déterminé des plis locaux intenses.

5. Les premiers filons ont été injectés avant que la consolidation du magma soit complète et avant que les mouvements dans les roches environnantes aient cessé.

OCÉANOGRAPHIE. — *Premières modifications physico-chimiques du milieu lagunaire à la suite de l'ouverture du port d'Abidjan* (*Côte d'Ivoire*). Note (*) de M. **François Varlet**, transmise par M. Théodore Monod.

Depuis le 23 juillet 1950 la mer pénètre dans la lagune Ebrié par un important canal creusé dans le cordon littoral légèrement à l'Ouest de la

(*) Séance du 3 janvier 1951.



OUEST
ABIDJAN
EST
FIG. 1
ISOTHERMES
4 AOUT 1950
10 Mètres.
0 2 4 6 8 10 KM
FIG. 2
LIGNES ISOHALINES
4 AOUT 1950
FIG. 3
LIGNES D'EGAL pH
4 AOUT 1950
FIG. 4
ISOTHERMES
29 AOUT 1950
FIG 5
LIGNES ISOHALINES
29 AOUT 1950
FIG. 6
LIGNES d'EGAL pH
29 AOUT 1950

presqu'île d'Abidjan. Les modifications subséquentes du milieu lagunaire sont résumées, en ce qui concerne la température, la salinité et le pH, par les figures 1 à 6.

Toutes ces figures représentent une section verticale Ouest-Est de la lagune, de part et d'autre d'Abidjan, sur 50^{km} de longueur. Sur cette section on a tracé les lignes isothermes, les lignes isohalines (la salinité étant exprimée en grammes de chlorure de sodium par litre); et celles d'égal pH. Les figures 1, 2, 3 donnent ainsi l'état de la lagune le 4 août à marée haute. Les figures analogues 4, 5, 6 sont relatives au 29 août, également à marée haute. Ces deux groupes de figures permettent de suivre la progression des eaux marines dont l'influence, le 29 août, se faisait sentir sur 45^{km} de lagune. A marée basse l'allure du phénomène reste la même mais on assiste à un recul de l'eau salée. On retrouve sur ces figures, que nous ne commenterons pas davantage ici, les caractéristiques bien connues d'un estuaire : avancée des eaux salées lourdes par le fond, influence de la topographie de ce fond, existence d'un *bouchon* pour le pH, etc.

Dès le début du mois de septembre des pluies importantes ont introduit un facteur nouveau, c'est pourquoi nous limitons provisoirement ces indications à la période du 23 juillet au 31 août qui a une individualité bien marquée.

L'état de la lagune avant l'ouverture du canal sera suffisamment dépeint par les chiffres suivants, relevés le 22 juillet devant Abidjan et valables, à l'échelle des modifications ultérieures, sur toute l'étendue qui nous occupe

Profondeur	Surface	1^m	3^m	5^m	7^m	8^m	9^m	11^m
Température	26°,9	26°,7	26°,7	26°,8	27°,00	27°,8	28°,5	28°,8
Salinité (gr. Na Cl par litre)	0,69	0,64	0,66	0,75	1,05	4,41	8,10	9,50
pH	6,68	6,60	6,65	6,60	6,55	6,55	7,10	7,10

L'amplitude de la marée devant Abidjan est passée de quelques centimètres à près de la moitié de l'amplitude en mer, soit 50^{cm} en vive-eau; l'onde de marée atteint Abidjan avec une heure de retard sur la mer, les 8/10e de ce retard provenant de la propagation dans le canal. La marée se fait encore sentir à 25^{km} à l'Ouest d'Abidjan avec un retard d'environ 2 heures 30 minutes. Les courants de marée sont particulièrement forts dans l'étranglement qui sépare la presqu'île d'Abidjan de l'île de Petit-Bassam, la plus grande vitesse mesurée à cet endroit a été de 0,74 m/sec; à marée montante un contre-courant de surface est observable par temps très calme.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Mastodontes des sables miocènes de Lisbonne.* Note de MM. **Frédéric-Marie Bergounioux, Georges Zbyszewski** et **Fernand Crouzel**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les carrières de sable des environs immédiats de Lisbonne ont été intensivement exploitées durant ces dernières années. Elles appartiennent toutes au Miocène inférieur et moyen, et elles ont fourni de nombreux vertébrés fossiles dont un certain nombre ont déjà été étudiés. C'est à partir du Burdigalien supérieur que les trouvailles de Mastodontes ont été les plus abondantes et leur description a fait l'objet d'un Mémoire publié par l'un de nous (1).

Au-dessus de cette première série de sables représentant une formation d'estuaire (BIV), se place un niveau franchement marin : grès calcaire, caverneux passant à un calcaire plus compact et très fossilifère considéré comme la base de l'Helvétien (horizon V *a*), calcaire marin de l'Helvétien inférieur de Casal Vistoso.

A l'Hélvétien moyen (V *b*), les conditions paléogéographiques d'estuaires sont de nouveau réalisées et les sables sont riches en ossements de Vertébrés, très particulièrement de Mastodontes.

Des recherches méthodiquement menées ont permis de rassembler un matériel très abondant dont nous avons entrepris l'étude. 643 pièces ont été mesurées et classées ; elles représentent une centaine d'individus et l'on trouvera dans le tableau suivant le détail des espèces reconnues ; pour chacune d'elles, nous avons noté dans chaque étage le nombre de dents examinées, sans tenir compte de la dentition de lait.

		Burdigalien supérieur. Dentition inf.	Burdigalien supérieur. Dentition sup.	Helvétien inférieur. (marin et sans Mastodontes).	Helvétien moyen. Dentition inf.	Helvétien moyen. Dentition sup.
Zygolophodon pyrenaicus	M_3	0	1	–	3	2
	M_2	0	0	–	1	0
	M_1	0	0	–	0	1
	P_4	0	2	–	4	0
	P_3	1	0	–	0	1
Turicius turicensis	M_3	0	0	–	0	2
Trilophodon olisiponensis	M_3	5	1	–	14	16
	M_2	0	0	–	2	0
	M_1	0	1	–	2	4
	P_4	0	0	–	4	1

(1) G. Zbyszewski, *Services Géologiques du Portugal*, Lisbonne, 1949.

		Burdigalien supérieur.		Helvétien inférieur.	Helvétien moyen.	
		Dentition		(marin et sans Mastodontes).	Dentition	
		inf.	sup.		inf.	sup.
Trilophodon angustidens	M_3	6	11	–	19	16
	M_2	3	4	–	19	31
	M_1	3	0	–	5	13
	P_4	2	0	–	11	13
	P_3	1	1	–	3	11
» » Var. *minor*	M_3	3	3	–	13	19
	M_2	2	1	–	9	10
	M_1	3	5	–	17	24
	P_4	0	0	–	0	5
» » Var. *imperfecta*	M_3	0	0	–	3	0
» » Var. *gaillardi*	M_3	0	0	–	5	8
Serridentinus lusitanicus nov. sp.	M_3	0	0	–	15	15
	M_2	0	0	–	10	4
	M_1	0	0	–	13	11
	P_4	0	1	–	3	1
	P_3	0	0	–	4	8
» » Var. *minor*	M_3	0	0	–	6	6
	M_2	1	0	–	2	4
	M_1	0	0	–	5	1
	P_4	0	0	–	1	0
» » Var. *imperfecta*	M_3	0	0	–	1	0
» » Var. *gracilis*	M_3	0	0	–	1	0
	M_1	0	0	–	4	0
Protanancus estremadurensis nov. sp.	M_3	0	0	–	0	3
	M_2	0	0	–	0	1
	M_1	0	0	–	0	2
	P_4	0	0	–	0	4
» » Var. *minor*	M_3	0	0	–	0	4
	P_4	0	0	–	0	2

Il ressort immédiatement de ce tableau que :

1° Les genres *Zygolophodon* et *Turicius* plus archaïques se sont peu développés durant la période de temps envisagée.

2° Tout au contraire, les genres *Trilophodon* et *Serridentinus* ont pris une extension considérable, se subdivisant même en variétés.

3° Le genre *Protanancus*, inconnu au Burdigalien supérieur, a fait son apparition à l'Helvétien moyen.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude du mécanisme d'élaboration de l'alloxane dans l'organisme animal et humain.* Note (*) de MM. **Auguste Loubatières et Pierre Bouyard**, présentée par Léon Binet.

On admet que les quantités d'alloxane présentes dans le sang de l'Homme et des animaux normaux sont incapables de jouer un rôle dans le déclenchement du diabète sucré. Nos expériences sont de nature à modifier ce point de vue.

Nos dosages ont été effectués suivant la méthode fluorométrique d'Archibald modifiée ([1]). Sa spécificité se base sur l'identité des spectres de fluorescence donnés par l'alloxane pur et par celui que nous dosons, qui est produit par l'organisme.

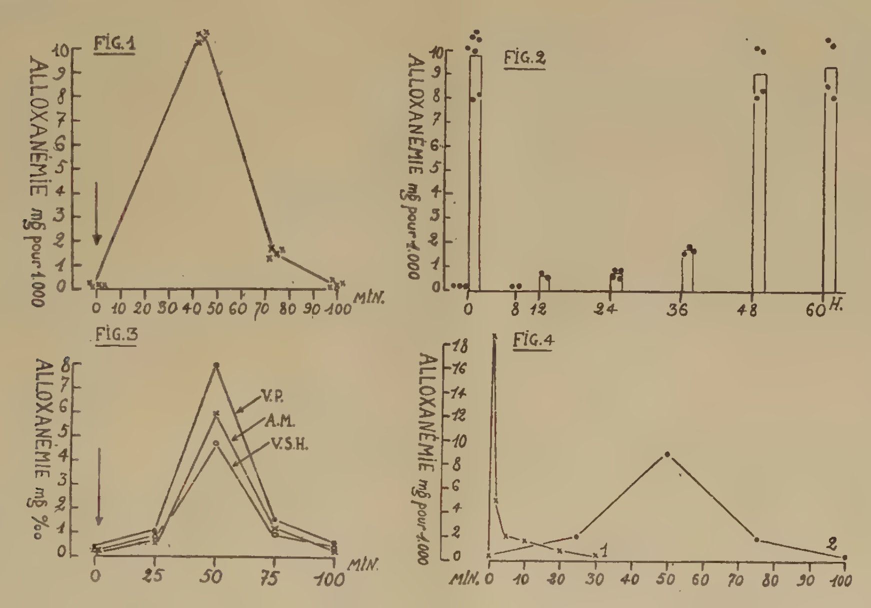


Fig. 1. — Effets de l'administration orale, au temps 0, de solution glucosée (2g par kg; solution à 50 %) sur l'alloxanémie de lots de Rats blancs à jeun depuis 48 heures. Chaque point intercepté par la courbe est la moyenne des résultats expérimentaux représentés par une croix. MIN : temps en minutes.

Fig. 2. — Cette figure représente les effets d'une première administration de glucose (2g par kg) au temps 0 (jeûne préalable de 48 heures) suivie d'une seconde administration après des laps de temps de 8, 12, 24, 36, 48 et 60 heures. Les rectangles verticaux expriment les moyennes des vagues d'hyperalloxanémie observées dans chacun des lots de Rats. H : temps en heures.

Fig. 3. — Expérience réalisée chez le Chien à l'aide de Somnifène intra-veineux (1/3 cm³ par kg). Une minute après le temps 0, injection dans le duodénum de solution glucosée (2g par kg; solution à 50 %). V. S. H. : alloxanémie dans la veine sus-hépatique; A. M. : alloxanémie dans l'artère mésentérique; V. P. : alloxanémie dans la veine porte.

Fig. 4. — Effets comparés des modifications de l'alloxanémie chez le Chien non anesthésié, à jeun depuis 48 heures. *Courbe* 1 : après injection intra-veineuse de 50mg d'alloxane par kg (hyperalloxanémie d'origine *exogène*). *Courbe* 2 : après ingestion de 2g de glucose par kg (solution à 50 %) (hyperalloxanémie provoquée d'origine *endogène*).

(*) Séance du 8 janvier 1951.

([1]) *J. biol. Chem.*, 158, 1945, p. 347.

Nos recherches ont été réalisées sur le Rat blanc, le Lapin, le Chien et l'Homme. Les faits suivants ont été constatés :

Il existe normalement dans le sang de ces quatre espèces un taux d'alloxane compris entre 0,5 et 0,25 mg/l. L'administration par voie orale de solution glucosée à 50 % (2 g/kg) au Rat à jeun depuis 48 heures fait apparaître une vague d'hyperalloxanémie qui peut atteindre 9 à 12 mg/l; son allure s'exprime par la figure 1. Un phénomène semblable se constate avec les autres espèces étudiées.

Le *jeûne préalable de deux jours* est nécessaire pour que la vague atteigne son *intensité maxima*. La figure 2 le démontre. Les administrations glucosées intrapéritonéale ou veineuse sont bien moins efficaces que celles qui sont faites par *voie digestive*.

Les faits en faveur de l'assertion que l'*intestin joue un rôle important dans l'élaboration de l'alloxane sont les suivantes :*

L'alloxanémie s'élève peu chez le Rat à pylore lié avant l'introduction de solution glucosée dans l'estomac. L'injection directe de glucose dans le duodénum du Chien à jeun depuis deux jours, élève l'alloxanémie plus haut dans la veine porte que dans l'artère mésentérique (*fig.* 3). L'anse duodénale isolée du Lapin à jeun depuis quatre jours, perfusée à l'aide de Tyrode, produit de l'alloxane dès qu'elle absorbe du glucose. Les cellules muqueuses duodénales isolées, en suspension dans du liquide physiologique oxygéné, fabriquent de l'alloxane en présence de glucose.

L'alloxanémie sus-hépatique est moins élevée que dans la veine porte (*fig.* 3). *Le foie paraît donc arrêter une partie de l'alloxane produit.*

La figure 4 montre les variations de l'alloxanémie artérielle après injection intraveineuse d'alloxane pur capable de produire un diabète définitif (courbe 1); et, par comparaison, les variations pendant l'absorption de glucose chez le Chien à jeun depuis quarante-huit heures (courbe 2). La confrontation des courbes nous paraît fournir un argument pour *l'hypothèse que la production de quantités excessives d'alloxane par l'organisme peut intervenir dans le déterminisme pathogénique du diabète sucré.*

PHYSIOLOGIE. — *Expériences établissant l'organisation hiérarchique du tonus vasomoteur chez la Grenouille.* Note de MM. **Henri Hermann**, **J. F. Cier** et **R. Flandrois**, transmise par M. Léon Binet.

La membrane interdigitale de la Grenouille est un objet excellent pour étudier les réactions vasomotrices consécutives aux sections et destructions du système nerveux. Il suffit, en effet, d'observer au faible grossissement d'un microscope une artériole de la palmure et de mesurer son diamètre soit avec le micromètre oculaire, soit en dessinant ses contours à la chambre claire, soit en la photographiant, pour apprécier le comportement immédiat ou lointain de ce

vaisseau avant et après diverses lésions du névraxe. Il est facile de prendre des repères précis pour retrouver à plus ou moins longue échéance l'artériole choisie. Les groupements de mélanophores sont à ce sujet particulièrement commodes ainsi qu'on peut le vérifier sur des microphotographies exécutées à longs intervalles chez un même animal.

La mise en œuvre de cette méthode simple a permis de faire les constatations suivantes :

1° La section prébulbaire de l'encéphale ne détermine pas de modification du calibre artériolaire; tout au plus observe-t-on parfois une vasoconstriction passagère. Les centres qui régissent le tonus vasomoteur sont donc situés en arrière de cette section.

2° La section sous-bulbaire en D_1 détermine aussitôt une forte dilatation de l'artériole examinée et un arrêt du cours du sang à son intérieur, ce qui démontre l'existence d'un fort tonus vasoconstricteur bulbaire. Passées 15 à 20 heures, l'artériole retrouve son calibre antérieur et le sang, sa vitesse normale. La vasotonicité s'est reconstituée tardivement en l'absence des centres vasomoteurs contenus dans la moelle allongée.

3° Si après avoir pratiqué la section sous-bulbaire et observé la vasodilatation qui vient d'être décrite, on détruit *sans attendre* toute la moelle épinière en arrière de la première paire dorsale, l'artériole s'élargit encore. La moelle exerce une influence sur l'arbre artériel *immédiatement après la mise hors de cause du bulbe*. Cette expérience simple est en faveur de l'existence d'un tonus propre aux centres vasomoteurs spinaux.

4° La destruction de la moelle en arrière de la première paire dorsale est suivie des mêmes effets que la section sous-bulbaire complétée comme il vient d'être dit par la destruction de la moelle. Dans ces deux cas, la dilatation artériolaire disparaît en 24 heures environ (E. Gergens et E. Werber, 1876; H. Hermann et J.-B. Guiran, 1934). Les appareils extrarachidiens sont capables de reconstituer le tonus vasomoteur et par conséquent de suppléer intégralement les centres vasoconstricteurs bulbo-médullaires.

5° Lorsque, après l'élimination du bulbe et de la moelle, le tonus vasomoteur s'est reconstitué, la section du nerf sciatique provoque une augmentation du calibre des artérioles de la palmure. (H. Hermann et J.-B. Guiran). Ainsi est démontrée la réalité d'une action vasotonique des ganglions de la chaîne sympathique, déjà affirmée par Vulpian (1874). Ce sont, en effet, les seules formations nerveuses respectées qui peuvent encore agir sur la vascularisation par l'intermédiaire du nerf sciatique.

6° Toutefois, si la section du nerf est faite aussitôt après la destruction du névraxe, aucune vasodilatation ne se manifeste. Le tonus des ganglions de la chaîne sympathique n'est pas immédiat; il demande environ 24 heures pour se manifester. Dans ces délais, son importance est faible par rapport à celle de la moelle et surtout du bulbe démontrée par les expériences précédentes.

7° Chez la Grenouille dont le système nerveux central est détruit et dont les nerfs sciatiques sont coupés, les artérioles de la membrane interdigitale retrouvent une fois de plus leurs dimensions habituelles : 24 heures sont également nécessaires à cette récupération. En cet état de l'animal, seuls les mécanismes de l'extrême périphérie interviennent : le tonus vasomoteur normal peut se reconstituer en dehors de toute participation du névraxe et des ganglions de la chaîne sympathique.

8° La cocaïnisation du bulbe ou du nerf sciatique a les mêmes effets que leur destruction ou leur section, à cette différence près que l'action du toxique est réversible. Chez un animal dont le tonus vasomoteur s'est rétabli 20 heures après la section sous-bulbaire, une nouvelle section de la moelle faite un millimètre en arrière de la précédente, ne crée aucun changement dans le vaisseau examiné. Ces vérifications expérimentales éliminent l'intervention du choc spinal et d'actions irritatives dues aux agressions nerveuses.

Ces huit groupes d'expériences simples démontrent, chez la Grenouille l'existence d'une organisation hiérarchique de la vasomotricité, dont les instruments se classent, en importance, suivant nos résultats, dans l'ordre : bulbe, moelle, périphérie vasculaire, ganglions de la chaîne sympathique. Ils montrent également que les centres vasoconstricteurs spinaux, les mécanismes de l'extrême périphérie, et à un moindre degré, les ganglions sympathiques sont doués de capacités vicariantes tardives, susceptibles de rétablir dans les vingt-quatre heures un tonus vasomoteur identique à celui qui existe chez l'animal normal et par conséquent, aptes à maintenir, dans les conditions les plus diverses, un état circulatoire compatible avec la vie.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *État des glandes endocrines au cours de l'érythroblastose aviaire transmissible* (*leucose aviaire*). Note (*) de Mlle **Lucie Arvy** et M. **Manfred Gabe**, présentée par M. Robert Courrier.

L'érythroblastose aviaire transmissible détermine une activation thyroïdienne précoce et importante, une augmentation du tissu interrénal des glandes surrénales et une augmentation du volume de l'hypophyse, avec accroissement du pourcentage des cellules acidophiles. La structure du pancréas endocrine et de la parathyroïde n'est pas modifiée.

Depuis la découverte d'Ellermann et Bang [1], les modifications du sang et des organes hématopoiétiques au cours de l'érythroblastose aviaire transmissible ont été étudiées par de nombreux auteurs; ces travaux ne font pas mention des glandes endocrines. Des recherches cytologiques et histochimiques sur cette affection, poursuivies en collaboration avec MM. M. Bessis

(*) Séance du 3 janvier 1951.

(1) *Zt. Hyg. Infektionskr.*, 63, 1909, p. 231.

et P. Freixa, nous ont permis d'observer un retentissement important de l'érythroblastose sur certaines glandes endocrines.

La structure du pancréas endocrine et celle de la glande parathyroïde ne subissent pas de changement; il existe, par contre, des modifications thyroïdiennes, surrénales et hypophysaires très nettes.

La *glande thyroïde* augmente progressivement de volume au cours de l'affection; en fin d'évolution, son poids a doublé par rapport aux témoins. L'examen histologique montre tous les signes habituels de l'hyperfonctionnement. En effet, l'épithélium thyroïdien est haut; les noyaux sont ronds et centraux, il existe une bordure cytoplasmique très nette au pôle apical, le chondriome et les corps de Golgi sont bien développés, la colloïde est nettement vacuolisée. Cet aspect contraste avec la structure de la glande thyroïde de poules témoins, examinées à la même époque de l'année; la glande thyroïde de ces dernières est dans un état d'activité faible. L'activation thyroïdienne est d'autant plus importante que l'atteinte de l'organisme est plus profonde.

La *glande surrénale* subit également une augmentation de poids. Cette variation pondérale semble due à une hyperplasie du tissu interrénal, homologue du cortex surrénal des Mammifères. Le rapport *tissu interrénal/tissu phéochrome*, qui est de 0,80 environ chez les témoins, passe à 2 au moment où les cellules érythroblastiques anormales envahissent le sang circulant. Contrairement à l'hyperfonctionnement thyroïdien, cette hyperplasie de la glande surrénale diminue aux derniers stades de l'affection; le rapport *tissu interrénal/tissu phéochrome* reste cependant très supérieur à la normale (1,60 environ).

Les dimensions du *lobe glandulaire de l'hypophyse* atteignent, chez les poules autopsiées aux stades terminaux de l'érythroblastose, des valeurs doubles de la normale. L'examen histologique montre un accroissement considérable du pourcentage des cellules acidophiles. Les modifications morphologiques de l'hypophyse s'accentuent à mesure qu'évolue l'érythroblastose.

Les glandes surrénales des poules autopsiées aux stades terminaux de l'érythroblastose contiennent de nombreux foyers intra-parenchymateux, faits de cellules érythroblastiques anormales. Des foyers beaucoup plus rares et plus petits existent dans l'hypophyse; nous n'en avons jamais trouvé dans les autres glandes endocrines.

L'hyperfonctionnement thyroïdien, dont les traductions morphologiques ont été signalées ci-dessus, pourrait expliquer la quasi-disparition du glycogène hépatique histochimiquement décelable dans le foie de ces animaux, rapportée dans un travail précédent ([2]). Cette activation thyroïdienne représente la modification inverse de celle qui a été signalée au cours du *syndrome général*

([2]) L. Arvy, M. Bessis, P. Freixa et M. Gabe, *C. R. Soc. Biol.*, **144**, 1950, p. 883.

d'adaptation ([3]). De même, l'augmentation du pourcentage des cellules acidophiles de l'hypophyse contraste avec la *dégranulation* des éléments en question au cours du syndrome d'adaptation. Seul l'état de la glande surrénale pourrait évoquer l'hypothèse d'une modification non spécifique.

Des modifications fonctionnelles des glandes endocrines ont été décrites au cours des diverses leucémies de l'Homme; les différences entre les leucémies humaines et l'érythroblastose aviaire transmissible sont cependant trop importantes pour permettre la mise en parallèle des modifications que présentent les glandes endocrines au cours de ces affections.

ZOOLOGIE. — *Allochromie liée aux modifications du métabolisme chez les Hémiptères des genres* Dolycoris *et* Carpocoris. Note de M. **Claude Dupuis**, présentée par M. Louis Fage.

Les Hémiptères *Dolycoris baccarum* et *Carpocoris pudicus* présentent dans les deux sexes une coloration particulière résultant en général du fonctionnement normal des gonades, mais que leur fonctionnement atypique, l'action d'un parasite âgé ou l'inanition déterminent également. Cette coloration semble liée à des changements du métabolisme et notamment aux modifications qui entraînent la consommation des réserves.

Diverses espèces d'Hémiptères Hétéroptères, et notamment de Capsides ([1]), présentent en période de reproduction une coloration distincte de celle de la période d'inactivité génitale; aucun fait de ce genre n'était connu avec certitude chez les *Pentatomoidea*, les diverses colorations des *Eurydema* dépendant, semble-t-il, des conditions externes ([2]).

Mes observations de 1949 et 1950, à la Station Expérimentale de Richelieu (Indre-et-Loire), me permettent d'affirmer l'existence de colorations de type sexuel chez deux espèces de ce groupe, *Dolycoris baccarum* (L.) et *Carpocoris pudicus* (Poda) dont j'ai étudié la génération d'été : imagos nés au printemps et en activité génitale, jeunes imagos d'été immatures. Dans les deux espèces, ces derniers, riches en corps gras (♀♀ à ovaires juvéniles, ♂♂ à testicules turgescents, sac mésadénial vide) présentent dorsalement une coloration grisâtre terne, étendue au pronotum et aux cories: la face ventrale est grisâtre ou blanchâtre, plus ou moins rosée chez *Dolycoris*, d'un blanc jaunâtre, livide et sans éclat chez *Carpocoris*. Les imagos en activité génitale sont nettement différents. Chez *Dolycoris*, ♂♂ et ♀♀ sensiblement identiques, présentent du violet clair sur l'arrière du pronotum et les cories, le scutellum jaune tranche sur le fond de coloration, la face ventrale se pigmente d'un jaune éclatant.

([3]) H. Selye, *Ann. Endocrinologie*, 7, 1946, p. 289.

([1]) B. Kullenberg, *Zool. Bidrag. Uppsala*, 23, 1944, p. 463 et suiv.

([2]) C. Dupuis, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 879-880.

Chez *Carpocoris* on observe en outre une nette différence sexuelle. Les cories et la moitié postérieure du pronotum des ♂♂, vermillons ou rouge-brique, tranchent sur un fond orangé où ressortent, en noir très marqué, les lignes longitudinales du pronotum et les taches connexivales et scutellaires. Chez les ♀♀, les couleurs, plus vives et plus contrastées, donnent à l'insecte un aspect tricolore : carmin violacé pour les cories et l'arrière du pronotum, jaune de chrome ou orangé en dehors de ces zones, noir enfin pour les mêmes macules que chez les ♂♂. Le ventre dans les deux sexes est d'un jaune vert brillant, ou presque vert.

J'ai étudié par la dissection un total (pour les deux années) de 193 *Dolycoris* et 129 *Carpocoris* au stade imaginal, dont 3 ♂♂ et 20 ♀♀ de *Dolycoris*, 30 ♂♂ et 38 ♀♀ de *Carpocoris* présentant les vives couleurs décrites ci-dessus ; cette étude me permet d'assigner aux colorations qu'on serait tenté dans la plupart des cas de considérer comme d'origine génitale une signification plus générale. Leur cause naturelle, c'est-à-dire la plus probable et la plus constamment réalisée reste sans doute l'activité normale des gonades, ce que m'a prouvé la dissection des 68 *Carpocoris*, tous à la fois vivement colorés et en activité génitale.

D'autres causes, cependant, produisent des effets identiques car, chez les 23 *Dolycoris* cités ci-dessus, 2 ♂♂ et 7 ♀♀ n'étaient nullement en activité génitale, en dépit de leur coloration [3].

Certains individus présentaient des colorations de type sexuel corrélatives d'un fonctionnement anormal de l'ovaire (gonflement des ovarioles ou de quelques uns d'entre eux, sans développement des œufs, chez les ♀♀ tardives, de fin septembre à octobre). Chez certains autres, l'action destructice de viscères d'un parasite âgé (larve de Diptère *Phasiinæ* au stade III sarcophage) ou simplement l'inanition avaient produit une coloration comparable.

Cette coloration est donc moins liée à un facteur proprement sexuel qu'à des modifications du métabolisme normal. Celles-ci, induites par des facteurs variés s'expriment toutes en définitive de manière identique, par le passage d'une économie d'accumulation à une active consommation de réserves. On le constate aussi bien chez les individus inanitiés ou parasités que chez les ♀♀ gravides dont le corps gras disparaît à mesure que la gravidité s'affirme. Il y a comme un virage du métabolisme, séparant deux phases physiologiques superposables aux périodes écologiques et éthologiques de *Reifungsfrass* et de *Fortpflanzung* décrites par W. Tischler [4]. Ce virage n'est peut être pas

---

[3] Cette différence statistique entre *Carpocoris* et *Dolycoris* tient à l'observation des *Dolycoris* sur la fin de leur période de reproduction et des *Carpocoris* en plein milieu de celle-ci, par suite du décalage normal des cycles biologiques ; elle tient aussi au fait que certains imagos de *Dolycoris* en activité génitale avaient été parasités par un diptère, tandis que les *Carpocoris* en étaient indemnes.

[4] *Zeitschr. f. Morph. u. Oekol. d. Tiere*, Berlin, 34, 1938, p. 330-334.

irréversible, car la coloration correspondant à la phase de consommation des réserves paraît pouvoir régresser lorsque des circonstances occasionnelles imposent un retour à un métabolisme normal ou presque (par exemple, lorsqu'une larve de *Phasiinæ* au stade II, proprement parasite, c'est-à-dire ménagère de son hôte et non plus sarcophage, stoppe net l'activité ovarienne).

CYTOLOGIE. — *Sur la présence de ganglions épipharyngiens chez* Forficula auricularia *L.* Note de M. **Jean Lhoste**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Poursuivant l'étude des organes céphaliques de *Forficula auricularia* L., il nous a été donné de découvrir deux ganglions épipharyngiens comparables à ceux qui ont été décrits chez les Collemboles et chez les Lépismes. L'étude cytologique et histochimique a permis de définir deux catégories cellulaires.

Il existe chez *Forficula auricularia* L., à la base du labre, une paire d'organes symétriques fixés à la paroi supérieure du pharynx (*fig.* 1 *g. p.*). Il n'a pas été décrit, à ma connaissance, par les auteurs qui se sont intéressés à l'anatomie de la tête des Dermaptères.

Ces organes distants l'un de l'autre de 50^{μ} sont étroitement accolés à l'hypoderme du pharynx. Ils ont la forme d'un cône à base elliptique ayant 130^{μ} de grand diamètre et 75^{μ} de petit diamètre. La hauteur de l'ensemble atteint $90\text{-}100^{\mu}$. Un nerf dorsal (*fig.* 2 *n*) part du sommet de chaque organe, rejoint le nerf labral qui, en longeant l'hypoderme céphalique latéral, aboutit au tritocerebron. Un nerf postérieur volumineux et long de 70^{μ} part de la partie basale de chaque organe et pénètre dans l'hypoderme pharyngien.

Les cellules formant ces organes appartiennent à deux types différents. Certaines sont de petite taille et mesurent environ 15^{μ} de diamètre. Elles sont surtout localisées au voisinage de l'insertion du nerf dorsal. Le cytoplasme de ces cellules est dense, riche en ribonucléines pyroninophiles (*technique de Brachet*). Le chondriome (*technique d'Altmann-Gabe*) se compose uniquement de nombreuses mitochondries de 1^{μ} environ de diamètre. Les corps de Golgi (*technique de Nassonow*) sont périnucléaires. Les noyaux, ovalaires ou sphériques, mesurent au maximum 7^{μ}. Ils ont une chromatine (*technique de Feulgen*) peu dense et finement mottée et ils sont le plus souvent dépourvus de nucléole.

Toutes ces caractéristiques cytologiques et histochimiques sont celles de cellules nerveuses.

D'autres cellules occupent, au sein de l'organe, un volume beaucoup plus important que celui occupé par les cellules du type précédent. Elles mesurent 30 à 50^{μ} de longueur et 10 à 20^{μ} de largeur. De fines trachées les parcourent. Le cytoplasme est réduit à un fin réseau dans lequel on observe des mitochon-

dries en nombre variable et des corps de Golgi assez rares. Les espaces entre les mailles du réseau cytoplasmique tantôt restent incolores, tantôt se teintent

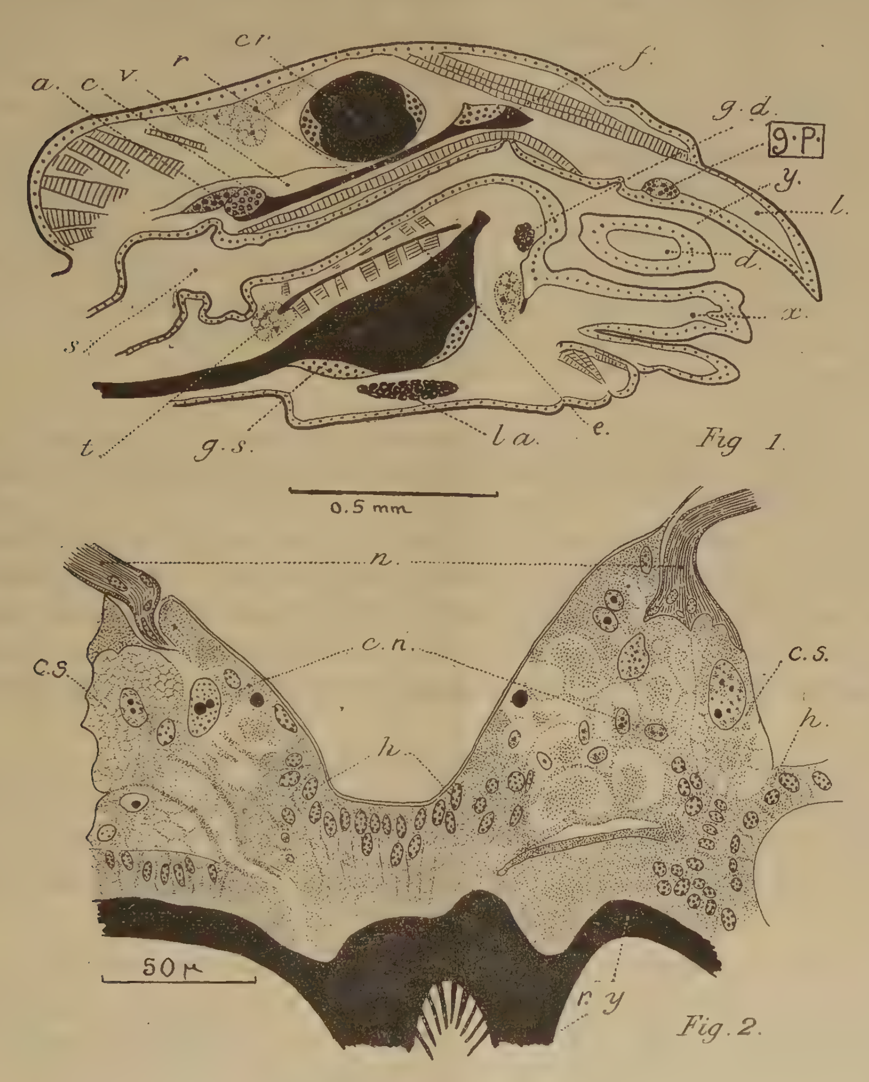


Fig. 1. — Coupe sagittale paramédiane d'une tête de *Forficula auricularia* L. (Dessin semi-schématique). *a*, *corpus allatum*; *c*, *corpus cardiacum*; *cr*, ganglion cérébroïde; *d*, mandibule; *e*, endosquelette; *f*, ganglion frontal; *g. d.*, glande mandibulaire; *g. p.*, *ganglion épipharyngien*; *g. s.*, ganglion sous-œsophagien; *l*, labre; *la*, glande labiale; *r*, nerf récurrent; *s*, œsophage; *t*, tissu adipeux; *v*, aorte; *x*, maxille; *y*, pharynx.

Fig. 2. — Coupe transversale des ganglions épipharyngiens. Fixation au Gendre, coloration par le trichrome de Ramón y Cajal. *c. n.*, cellules nerveuses; *c. s.*, cellules glandulaires; *h*, hypoderme; *n*, nerf épipharyngien; *r. y.*, revêtement chitineux du pharynx.

en rouge vif par la fuchsine d'Altmann. Les travées cytoplasmiques contiennent également quelques traces de ribonucléines pyroninophiles. La chromatine est plus dense dans les noyaux de petite taille (5^{μ} sur 6-7^{μ}) que dans les

noyaux plus volumineux (8^{μ} sur 10^{μ}). Les noyaux les plus petits possèdent un ou deux nucléoles atteignant 5^{μ} de diamètre. Sur certaines préparation, ces nucléoles semblent s'échapper des noyaux, donnant ainsi des figures d'expulsion nucléolaires. Les noyaux les plus volumineux, apparemment plus âgés, sont dépourvus de nucléoles.

Ces cellules présentent des aspects d'activité très nets et peuvent être assimilées à des cellules glandulaires.

Les organes dont il vient d'être question semblent être les homologues des ganglions épipharyngiens signalés par Denis (1) chez *Tomocerus* et par Chaudonneret (2) chez *Thermobia domestica* Pack. L'étude cytologique et histochimique chez *F. auricularia* L. met en évidence deux types cellulaires dont l'un est nerveux et l'autre glandulaire.

(1) *Arch. Zool. exp.*, 68, (1), p. 1-291.

(2) *Thèse doctorat ès-Sciences*, Paris, 1946.

BIOLOGIE. — *Excrétion urinaire d'une substance proche de l'hormone thymique chez l'Homme.* Note (*) de M. J. Comsa, transmise par M. Robert Courrier.

Il a été fait état ailleurs (1) de l'action antithyroïdienne de l'hormone thymique. D'autre part, l'action antithyroïdienne de l'urine humaine a été remarquée par W. Hoffmann et O. Luterotti (2). La question de savoir si cette propriété de l'urine traduit la présence d'une substance qui serait proche de l'hormone thymique ou cette hormone elle-même sera examinée dans ce qui suit.

L'urine de 48 heures de jeunes garçons et d'hommes en bonne santé, évaporée à sec et lavée à l'éther, est extraite par le procédé Bezssonoff (3), avec des modifications de détail.

Avec les préparations ainsi obtenues, les trois expériences suivantes ont été faites :

1. *Titration biologique des extraits à l'aide des deux épreuves décrites ailleurs* (4). — Sur des Cobayes thymithyréoprivés et castrés, on recherche la quantité d'extrait qui annule l'effet de 10^{γ} de thyroxine injectée en même temps que l'extrait. Le résultat est résumé dans le tableau I.

(*) Séance du 3 janvier 1951.

(1) Comsa, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2061; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1035.

(2) *Klin. Wsch.*, 1933, 1941.

(3) Mentionné par Comsa (*Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2061).

(4) Pour la présence de l'hormone B. C. dans le thymus humain (Comsa, *Ann. Endocr.*, 10, 1949, p. 379).

Tableau I.

Age.	Poids (kg).	Excrétion d'hormone (*).	Age.	Poids (kg).	Excrétion d'hormone (*).
1 mois........	3,9	1045	12 ans.........	37,6	538
3 »	5,56	1398	15 »	47,0	262
4 »	6,12	1107	19 »	64,0	167
5 »	6,24	1100	19 »	70,0	179
3 ans.........	16,8	956	21 »	63,5	213
4 »	18,1	815	26 »	73	194
6 »	19,6	794	26 »	83	176
7 »	24,0	742	32 »	67	185
8 »	26,8	670	37 »	52	183
9 »	27,8	629	42 »	90	168
11 »	32,2	645	50 »	65	176

(*) en U. C. par kilogramme et 24 heures.

La préparation a donc une action antithyroïdienne mesurable. Une baisse graduelle du taux d'excrétion peut être relevée en fonction de l'âge. A partir de 19 ans, cette baisse s'arrête; le taux d'excrétion varie assez peu d'un adulte à l'autre. Des essais sont en cours sur ce sujet dans des conditions pathologiques. Il peut être signalé d'ores et déjà, que l'excrétion est légèrement accrue dans le myxœdème (862 unités chez un garcon de 10 ans), et très diminuée dans le mal de Basedow (18, 27 et 37 unités chez trois sujets âgés de 18, 19 et 19 ans).

2. *Loi de l'interaction de ces préparations avec la thyroxine.* — L'extrait n° BC 47 est injecté à des cobayes thymithyréoprivés et castrés en même temps que des quantités variables de thyroxine. On recherche la plus petite quantité d'extrait qui annule l'effet de la thyroxine (épreuve de la créatinurie). *Voir* tableau II.

Tableau II.

Thyroxine γ/100g..........	4	7	10	15	20	24	26	27
Dose utile d'extrait γ/100g..	15	25	36	55	73	90	154	370
Rapport..................	3,75	3,57	3,6	3,65	3,65	3,75	5,92	13,7

Comme pour l'hormone thymique, la dose utile d'extrait est une fonction linéaire de la dose de thyroxine. Comme pour l'hormone thymique également, la loi semble cesser de se vérifier au-dessus de 24γ de thyroxine.

3. *Action de la préparation sur la croissance des cobayes thymiprivés.* — Cinq cobayes mâles, thymiprivés, pesant de 150 à 180g au moment de l'opération reçoivent des injections de BC 47 à raison de quatre unités-cobaye par 100g et 48 heures [soit la dose suffisante pour l'extrait de thymus (5)].

(5) Comsa, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1940, p. 56.

L'expérience a été poursuivie pendant 40 jours (*voir* tableau III). Elle a été arrêtée, car entre le 40e et le 44e jour après l'opération, deux sur cinq témoins sont morts.

La différence de la vitesse de croissance des deux groupes d'animaux est notable:

Tableau III.

Poids des cobayes thymiprivés en pour 100 du poids initial.

Jour depuis l'opération....	0.	5.	10.	18.	27.	35.	40.
Aucun traitement........	100	100 ±5	106 ±4,8	104 ±6	116 ±2,9	123 ±8,3	131 ±11
Injection de la préparation thymique BC 21.......	100	120 ±5	127 ±6	150 ±7	172 ±4,5	180 ±7,2	193 ±5,6
Injection de la préparation urinaire BC 47.........	100	118 ±1,4	129 ±1,9	141 ±3	167 ±2,9	178 ±6,7	198 ±5,6

En somme, la préparation extraite de l'urine montre un certain nombre de traits communs avec l'hormone thymique extraite de la glande :

1° on peut l'extraire par le même procédé;

2° elle a une action antithyroïdienne qui suit la même loi;

3° elle permet la survie et la croissance des cobayes thymiprivés.

Il semble hautement probable qu'il s'agit là de substances très proches l'une de l'autre, sinon d'une seule et même substance.

BIOLOGIE ANIMALE. — *Influence de la rétention expérimentale de la soie sur la métamorphose de* Bombyx mori (*L*). Note (*) de M. **Paul Allegret**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Chez *Bombyx mori*, le fonctionnement normal des glandes séricigènes paraît, d'après les travaux de Lesperon ([1]), indispensable à l'accomplissement de la métamorphose. Yositiro Umeya ([2]) a effectué des essais conduisant à des résultats analogues : la rétention de soie, expérimentalement provoquée par cautérisation de la filière, produit une intoxication. Dans le but de préciser l'importance de cette intoxication et d'en étudier le mécanisme, nous avons repris sur *Bombyx mori* (race industrielle Roustan 200 à 300) l'obturation de la filière à l'aide de l'électrocautère ([3]).

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) *Arch. Zool. Expér. et Génér.*, **79**, 1937.

([2]) *Bull. of the Seric. Exper. Station of Chosen*, **12**, 1926, n° 1, Suigen Chosen Japan.

([3]) Ces essais ont été réalisés grâce aux élevages mis à notre disposition par la Station de Recherches Séricicoles d'Alès.

Ces opérations sont réalisées sur des larves du dernier stade, après la période d'alimentation qui demeure ainsi entièrement normale. Effectuée lors de la montée des vers sur la bruyère, la cautérisation supprime complètement le rejet de soie. En opérant à une période plus ou moins avancée de la construction du cocon, laquelle normalement se poursuit pendant 3 jours et demi, nous avons réussi à ne bloquer qu'une partie de l'émission soyeuse. Nous avons donc cautérisé différentes séries de chenilles soit dès la montée, soit 24, 36, 48, 60, 72 et 84 heures après ce point critique.

Le blocage total de l'émission de soie, réalisé par cautérisation au moment de la montée, inhibe dans la grande majorité des cas la mue nymphale : 75 % des chenilles meurent à l'état larvaire, après avoir pris une coloration voisine de celle de la soie puis brune et noirâtre. Ces larves mélaniques subissent souvent peu de temps après la mort, une sorte de momification : les tissus durcissent et se déshydratent. La dissection montre l'éclatement fréquent des glandes séricigènes surtout chez les mâles. Le reste des larves ébauche une mue nymphale, mais l'exuviation est souvent à peine commencée et 8 nymphes seulement ont été obtenues pour 105 sujets. Ces nymphes, toutes femelles et de poids très supérieur à celui des témoins, meurent après quelques jours et noircissent [4].

Le blocage partiel de l'émission de soie, effectué par cautérisation des larves pendant la construction du cocon, donne des résultats différents :

La mue nymphale devient très fréquente dès que l'émission d'une faible quantité de soie a été possible (80 % de mues nymphales pour les chenilles cautérisées 24 heures après la montée). La proportion des exuviations incomplètes diminue rapidement. L'apparition des nymphes est retardée pour toutes les cautérisations faites dans les 48 heures qui suivent la montée et ce retard est plus important pour les mâles que pour les femelles. Les nymphes apparaissent au contraire en temps normal pour toutes les chenilles cautérisées 60 heures ou plus après la montée.

Toutes les nymphes issues de chenilles cautérisées moins de 48 heures après la montée sont mortes 4 à 8 jours après la mue nymphale. Deux exceptions seulement (deux chenilles cautérisées 36 heures après la montée) ont donné des imagos femelles incapables de se dégager de leur exuvie.

Les imagos, rares lorsque les cautérisations ont lieu 48 heures après la montée, apparaissent de plus en plus nombreux dans les séries opérées tardivement. La proportion d'éclosions imaginales est normale dans le cas des opérations effectuées après 84 heures. Tous ces imagos sont féconds mais rejettent une quantité de méconium bien plus importante que les témoins.

---

[4] Des larves et des nymphes d'aspect identique se retrouvent dans les élevages industriels et sont designés verts courts, de même que tous les individus n'ayant pas sécrété de soie.

Ces essais montrent bien la nécessité pour *Bombyx mori* du rejet de la soie pour l'accomplissement de la métamorphose. Nous pensons pouvoir expliquer facilement la plus grande sensibilité des mâles par l'importance plus grande chez eux de l'excrétion soyeuse, fait connu depuis Quajat (5).

Mais il semble exister deux facteurs distincts dans ce que les auteurs ont appelés toxicité de la soie.

D'une part la mue nymphale ne paraît possible que lorsque les glandes séricigènes sont capables d'accumuler la totalité des substances normalement excrétées sous forme de soie. Ce rapport entre la capacité des glandes et le volume total de la soie peut être variable suivant les races (6), et dans une même race suivant les sexes. Lorsque les glandes sont incapables de retirer du milieu intérieur les substances qu'elles éliminent normalement, ces déchets peuvent soit contrarier les mécanismes hormonaux, soit causer une intoxication brutale.

D'autre part, dans le cas où la mue nymphale se produit, les glandes séricigènes qui ont emmagasiné la totalité de la soie subissent au cours de la métamorphose une histolyse. Leur contenu retourne ainsi à l'hémocœle. La survie de la nymphe à cette période de l'histolyse et l'éclosion de l'imago ne semblent possibles que lorsque la quantité de déchets protidiques ainsi libérés est suffisamment faible pour être éliminée par les organes excréteurs normaux de la nymphe, (d'où vraisemblablement l'abondance du méconium chez les imagos provenant de chenilles cautérisées).

IMMUNOLOGIE. — *Immunité, sensibilité et insensibilité aux antigènes.* Note de M. **Philippe Barral**, transmise par M. Gaston Ramon.

Diverses recherches portant sur les phénomènes d'immunité et de sensibilité du Cobaye et du Cheval vis-à-vis de la strychnine, puis sur le sérum de chevaux ayant reçu des injections d'aninsuline, ont permis d'isoler deux fractions sériques, l'une à fonction immunisante B, l'autre à fonction sensibilisante M.

La fraction B est précipitée du sérum par addition à celui-ci de neuf fois son volume d'eau distillée.

Après élimination par centrifugation de la fraction B, la fraction M est obtenue en ajoutant au liquide limpide, de l'eau distillée (30 fois le volume initial du sérum).

(5) *Boll. di Bachi*, Padoue, 1883.

(6) Des essais effectués au même stade sur différentes races ont montré que les types de *Bombyx mori* à cocon petit et serré seraient plus sensibles à la cautérisation que ceux à cocon gros et lâche.

Les caractères essentiels de ces deux fractions sont notées dans le tableau ci-dessous :

Caractères.	Fraction B.	Fraction M.
Action physiologique vis-à-vis de l'antigène	Immunisante	Sensibilisante
Époque d'apparition de l'activité physiologique ou du pouvoir floculant spécifique dans le sérum de l'animal réactif	Précoce, du 7e au 13e jour, rarement plus tôt	Tardive du 13e au 14e jour
Proportions relatives	Habituellement plus abondante	En général très faible
Pseudo-solubilité dans l'eau salée isotonique	Plus lente et parfois difficile	Rapide et facile
Action du chauffage à 56°	Pouvoir spécifique thermolabile	Pouvoir spécifique thermostable
Action du temps	Pouvoir spécifique disparaissant en 13 à 14 jours mais persistant à la chambre froide	Pouvoir spécifique persistant

Les divers états des fractions B et M rendent compte des différences de comportement de l'organisme vis-à-vis d'un antigène déterminé :

Immunité vis-à-vis de l'antigène, lorsque B présente la réaction spécifique;

Sensibilité lorsque M présente cette réaction;

Insensibilité lorsque B et M ne présentent pas de réaction spécifique.

Chacune de ces fractions réagit pour son compte, si bien que différentes combinaisons peuvent coexister dans le sérum.

L'évolution de ces fractions peut se concevoir ainsi :

Fraction B. — La répétition des interventions antigéniques entraîne la consommation et l'usure de celle-ci, avec réduction progressive de son activité spécifique et de son importance quantitative.

Fraction M. — L'organisme tend à l'éliminer par copulation avec l'hémoglobine ou l'hématine. La réinjection intraveineuse de sang lysé, les injections intraveineuses d'hémine font diminuer son pouvoir floculant spécifique et la font disparaitre elle-même. En pathologie, ce phénomène se traduit par une anémie pouvant être freinée par une augmentation de la résistance globulaire.

Parmi les espèces, comme parmi les individus :

Certains sont de bons producteurs d'immunité, tant est abondante la fraction B de leur sérum, et tant celle-ci est capable de se reconstituer et de réagir spécifiquement.

Chez d'autres au contraire, il y a développement de la sensibilité à la faveur d'une déficience constitutionnelle ou acquise de leur fraction B, et surtout de l'abondance de la fraction M envahissant le sang en permanence ou par décharges, et d'un dérèglement du système libérateur d'hémoglobine. Tout se passe comme si un tel organisme ne pouvait trouver dans sa propre substance les facteurs nécessaires à son immunisation et à son insensibilisation.

L'état humoral ne corrrespond pas toujours à chaque instant exactement aux réactions spécifiques des différents tissus de l'organisme. Dès que celui-ci a quitté son état initial d'insensibilité, les phénomènes d'immunité et de sensibilité devraient réaliser un état d'équilibre stable indispensable à sa défense. Lorsque cet équilibre fait défaut, l'instabilité passagère ou permanente qui en résulte entraîne une déviation secondaire des divers processus de réaction et d'interaction de l'organisme, conditionnant certains phénomènes pathologiques (1).

IMMUNOLOGIE. — *Séro-diagnostic de la syphilis par immobilisation du* Treponema pallidum (*méthode de Nelson*). Note de MM. **Constantin Levaditi**, **Aron Vaisman** et Mlle **Annette Hamelin**, présentée par M. Gaston Ramon.

Le séro-diagnostic de la syphilis s'est enrichi d'une nouvelle méthode permettant de mettre en évidence, soit dans le sérum de lapins préalablement syphilisés, soit dans celui de sujets humains atteints de tréponémose (actuelle ou ancienne), la présence d'anticorps capables d'immobiliser *in vitro* le *Treponema pallidum*, dans des conditions où les sérums normaux n'exercent que très rarement une telle action immobilisante. Ces anticorps sont totalement différents de ceux qui entrent en jeu dans les techniques de diagnostic de la syphilis utilisant un antigène de nature lipidique. Cette découverte a été effectuée en 1949 par Nelson et Mayer (1), et par Nelson, Diesendruck et Zheutlin (2); elle a été confirmée par Magnuson et Thompson (3). Son importance nous a engagés, dès octobre 1950, à la soumettre à une vérification expérimentale; nous résumons dans la présente Note préliminaire l'ensemble de nos constatations (4).

---

(1) On trouvera la bibliographie et le détail de ces recherches dans un article du *Bulletin de la Société de Pathologie Comparée* (sous presse).

(1) *J. exp. Med.*, 89, 1949, p. 369.

(2) *Division of Ven. Dis., United States Public Health Serv.*, 1949, p. 15.

(3) *J. Ven. Dis. Inf.*, 30, 1949, p. 309.

(4) La recherche des anticorps dans les infections tréponémiques a été effectuée déjà par C. Levaditi et Marie (*C. R. Soc. Biol.*, 62, 1907, p. 872), Eberson (*Arch. Derm. Syph.*, 4, 1921, p. 490), Tani et Ogiuti (*Japan. J. exp. Med.*, 14, 1936, p. 457), Turner (*J. exp. Med.*, 69, 1939, p. 867), mais les résultats ont été négatifs ou peu probants.

Technique. — Nous avons appliqué la technique indiquée par Nelson et ses collaborateurs, en tenant compte des modifications que Nelson nous a communiquées personnellement, ainsi que des simplifications apportées par Magnuson et Thompson. Inactivation préalable, à 56°, des sérums à examiner. Milieu : celui de Nelson (à base d'albumine cristallisée des Laboratoires Armour), mais sans addition de vitamines. Complément de Cobaye, frais ou lyophilisé (sérum recueilli par ponction intracardiaque). Tréponèmes provenant de lésions syphilitiques de lapins (souche Gand ou Nichols), lésions localisées dans le scrotum ou le parenchyme testiculaire; ces syphilomes ont été prélevés 14 à 48 jours après l'inoculation. En présence de complément, la durée de la mobilité des spirochètes provenant de syphilomes récents a été plus prolongée que celle des parasites fournis par des lésions plus anciennes. Lecture après 15 heures de séjour à 35° dans une atmosphère d'azote et de gaz carbonique. Dénombrement des spirochètes immobilisés et évaluation du pourcentage d'immobilisation (calculs portant sur un minimum de 50 éléments). Emploi du microscope à fond noir. (Pour les détails complémentaires, se rapporter aux travaux originaux des auteurs américains.)

Test d'immobilisation. — Pour chaque sérum, deux tubes :

1° *Un tube-réaction :* $0^{cm^3},4$ de suspension de spirochètes; $0^{cm^3},05$ de sérum à examiner, inactivé; $0^{cm^3},05$ de complément frais.

2° *Un tube-témoin :* $0^{cm^3},4$ de suspension de spirochètes; $0^{cm^3},05$ de sérum à examiner, inactivé; $0^{cm^3}05$ de complément chauffé à 56°.

Résultats. — 1° *Sérums de Lapins. — a. Lapins syphilisés.* — Vingt-trois lapins, dont l'infection (souche Gand ou Nichols) datait d'un mois à plus d'un an, ont tous donné lieu à un test d'immobilisation positif. La différence de pourcentage de tréponèmes immobilisés, entre le tube-réaction et le tube-témoin, a varié de 40 à 65 %. L'immobilisation a été d'autant plus intense que l'infection était plus ancienne, même si les animaux ne présentaient plus aucune lésion.

b. Lapins témoins. — Dix lapins non syphilisés ont tous fourni un résultat négatif (différence de moins de 20 % entre les deux tubes), à l'exception d'un seul, dont le sérum a immobilisé 40 % de plus de spirochètes dans le tube-réaction que dans le tube-témoin.

2° *Sérums de sujets humains. — a. Sujets syphilitiques.* — Chez neuf malades, dont la tréponémose datait de 2 à 19 ans, la plupart ne présentant plus aucun accident, mais ayant tous un B. W. positif, on a constaté des différences importantes entre les pourcentages d'immobilisation obtenus dans le tube-réaction et le tube-témoin; les chiffres ont varié de 65 à 95 %.

b. Sujets normaux. — Quatre individus normaux, sans antécédents spécifiques, et un sujet atteint d'eczéma, tous à B. W. négatif, ont fourni des résultats entièrement négatifs.

Conclusion. — *La méthode de Nelson, basée sur le pouvoir immobilisant à l'égard du* Treponema pallidum *des sérums des lapins syphilisés et des sujets syphilitiques, offre un intérêt de tout premier ordre du point de vue du sérodiagnostic de la syphilis.*

IMMUNOLOGIE. — *Vaccination du Cobaye contre l'infection à* Br. melitensis *par l'association des anacultures de* Brucella *et de la souche* Br. abortus 112. Note de MM. **Louis Carrère** et **Henri Quatrefages**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dès 1938 Lisbonne, Roman et Renoux ([1]) avaient réalisé la vaccination du cobaye contre l'infection brucellique à *Br. melitensis*; pour la première fois, une immunisation vraie du Cobaye avait pu être ainsi réalisée au moyen d'un vaccin. Rappelons que les auteurs associaient à une souche *Br. abortus* 112 très particulière, strictement avirulente pour le Cobaye et pour l'Homme, les substances glucido-lipidiques extraites de *Br. melitensis* (technique de Boivin). Par la suite, de nombreuses expériences sur le Cobaye et la Brebis ont apporté confirmation de l'efficacité de ce vaccin, qui utilisé chez des bovins, a donné aussi des résultats favorables.

Convaincus, comme les précédents auteurs, que l'immunisation du Cobaye contre les *Brucella* ne pouvait résulter que de la synergie d'un germe vivant avirulent et des constituants antigéniques des *Brucella*, nous avons essayé, dès 1947, d'obtenir un vaccin efficace, ne nécessitant qu'une seule injection, dans lequel l'antigène glucido-lipidique, de préparation dangereuse et onéreuse, serait remplacé par ces constituants antigéniques.

Après diverses tentatives, plus ou moins fructueuses, notre choix s'est porté sur les anacultures de *Brucella* obtenues selon la technique de Ramon.

Les injections parentérales de ces anacultures sont capables de susciter l'élaboration d'anticorps : agglutinines, précépitines, bactériotropines, et, dans certains cas, augmentent la résistance des cobayes à l'infection brucellique; associées à la souche B 112, les anacultures de *Brucella* nous ont donné des résultats constants si satisfaisants que nous avons cru devoir en faire l'objet de la présente Note :

Treize cobayes reçoivent, en une seule injection (intradermique ou sous cutanée), 1^{ml} d'anacultures préparées avec une souche *Br. melitensis* très virulente, et une suspension contenant 1 milliard de B 112 vivants.

Deux des cobayes sont sacrifiés (avant l'épreuve d' infestation) : l'un, 1 mois, et l'autre, 1 mois et demi après l'injection du vaccin; l'examen anatomique et la culture effectuée à partir de prélèvements faits dans les organes montrent l'absence totale de lésions et de germes; les onze autres animaux ont été infectés, en même temps que des témoins, suivant la technique habituelle de scarifications de la peau sur lesquelles on dépose 1 million de *Br. melitensis* virulents.

([1]) *Cf.* : G. Renoux. Prophylaxie des Brucelloses. La vaccination préventive des animaux domestiques par le vaccin du C. R. F. O. *Revue d'Immunologie*, 14, n° 4, 1950, p. 279-290.

Sacrifiés et autopsiés 2 mois et demi, 3 mois et 7 mois après l'infestation, tous les animaux vaccinés ont été reconnus absolument indemnes de lésions et les cultures à partir des viscères, sont demeurées stériles; chez tous, le taux des agglutinines assez élevé à la date de l'infestation (1/400ᵉ en moyenne) avait fortement baissé (1/100ᵉ en moyenne); de plus, la réaction allergique très positive, en général, au début, est devenue négative dans la plupart des cas.

Chez les témoins, le taux des agglutinines s'est maintenu élevé (1/3 000ᵉ en moyenne), l'intra-dermo réaction est demeurée fortement positive; à l'autopsie, des lésions anatomiques étendues et les cultures toujours positives des viscères (foie-rate-ganglions) montrent une infection grave et évolutive.

De ces résultats comparatifs, nous pensons pouvoir conclure que l'association : anacultures et B 112, a réellement immunisé les animaux, puisqu'ils ont résisté à une infection d'épreuve très sévère à *Br. melitensis* qui n'a épargné aucun témoin.

Nous publierons prochainement avec plus de détails les résultats définitifs de ces recherches ainsi que le protocole d'expériences justificatif.

La séance est levée à 16ʰ.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 6 novembre 1950.)

Note présentée le 30 octobre 1950, de M. *Florin Abelès*, Sur la détermination simultanée des constantes optiques et de l'épaisseur des couches métalliques très minces :

Page 959, 15e ligne, *au lieu de* $X = \nu\varkappa d$, *lire* $X = \nu\varkappa\gamma$.
» dans la formule (4), *remplacer le signe* $\pm$ *par le signe* $+$.

(*Comptes rendus* du 6 décembre 1950.)

Note présentée le 27 novembre 1950, de M. *Jean Meyer*, Gigantisme nucléolaire et cécidogenèse :

Page 1333, 27e ligne, au lieu de *Rhodites Rosea*, lire *Rhodites Rosæ*.
» 1334, 12e ligne, *au lieu de* mitose extérieure, *lire* mitose ultérieure.
» » 3e ligne en remontant, *au lieu de* (2), *lire* (9).